

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Інженерно-фізичний факультет
Кафедра ливарного виробництва чорних і кольорових металів

«На правах рукопису»
УДК 621.74.046

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри
_____ М.М. Ямшинський
(підпис) (ініціали, прізвище)

“___” грудня 2019 р.

**Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра**

зі спеціальності 136 – Металургія
(код і назва)

на тему: Розроблення технологічного процесу виготовлення двошарових
виливків із модифікованих у ливарній формі чавунів

Виконав: студент 6 курсу, групи ФЛ-81мп
(шифр групи)

Кивгило Богдан Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові) _____
(підпис)

Науковий керівник к. т. н., доцент Фесенко М.А.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) _____
(підпис)

Консультант з економічної частини к.е.н., доцент Нарасєвський С.В.
(назва розділу) (науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ініціали) _____
(підпис)

Консультант з нормоконтролю к. т. н., доцент Федоров Г.Є.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) _____
(підпис)

Рецензент старший викладач Прилуцький М.І.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) _____
(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2019 року

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет Інженерно-фізичний

Кафедра Ливарного виробництва чорних і кольорових металів

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Спеціальність 136 – Металургія

Освітня програма – Комп'ютеризовані процеси лиття

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

М.М. Ямшинський

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ ” 2019 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ ДИСЕРТАЦІЮ СТУДЕНТУ**

Кивгило Богдан Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розроблення технологічного процесу виготовлення двошарових виливків із модифікованих у ливарній формі чавунів»

науковий керівник Фесенко Максим Анатолійович, к.т.н., доцент,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «12» листопада 2019 року № 3890-с

2. Термін подання студентом роботи: грудня 2019 року.

3. Об'єкт дослідження: чавунні двошарові виливки із диференційованою структурою та властивостями.

4. Предмет дослідження: технологічний процес виготовлення двошарових виливків із модифікованих у ливарній формі чавунів.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: 5.1 Опрацювати та проаналізувати літературу за темою дослідження; 5.2 Оптимізувати методику дослідження; 5.3 Провести експерименти; 5.4 Дослідити технологічний процес виготовлення виливків із диференційованою структурою; 5.5 Розробити організаційно-економічну частину роботи; 5.7 Розробити бізнес-проект; 5.8 Сформулювати загальні висновки та рекомендації.

6. Перелік ілюстративного матеріалу: Презентація.

1. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	к.т.н., доцент Федоров Г.Є.		
Економічна частина	к.е.н., доцент Нараєвський С.В.		

7. Дата видачі завдання 3 вересня 2019 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Переддипломна практика	02.09...27.10.2019р.	
2	Опрацювання та аналіз літератури за темою дослідження	02.09...15.11.2019р.	
3	Розроблення методики дослідження	02.09...27.10.2019р.	
4	Планування та проведення експериментів	02.09...27.10.2019р.	
5	Аналіз результатів експериментів	16.11...25.11.2019р.	
6	Розрахунок економічно-організаційних показників	26.11...30.11.2019р.	
7	Аналіз стану охорони праці на робочому місці	01.12...02.12.2019р.	
8	Підготовка та оформлення ілюстративної частини магістерської дисертації	03.12...04.12.2019р.	
9	Оформлення магістерської дисертації	05.12...06.12.2019р.	
10	Подання магістерської дисертації до захисту	10.12.2019р.	
11	Рецензування магістерської дисертації	10.12...17.12.2019р.	
12	Захист магістерської дисертації	18.12.2019р.	

Студент

_____ (підпис)

Кивгило Б.В.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Фесенко М.А.

_____ (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	10
ВСТУП.....	11
1 СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	13
1.1 Виготовлення багатошарових і біметалевих виливків.....	13
1.2 Властивості чавунів у виливках із диференційованою структурою.....	23
1.3 Модифікування чавуну у реакційній камері ливарної форми.....	34
ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1	46
2 ЗАГАЛЬНА МЕТОДИКА І ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	49
2.1 Об'єкти дослідження.....	49
2.2 Виплавляння вихідного білого чавунів	50
2.3 Вибір модифікаторів для внутрішньо формового модифікування.....	52
2.4 Дослідження процесу диференціації структури та властивостей.....	53
2.5 Виготовлення і заливання форми.....	54
2.6 Вивчення мікроструктури чавунних зразків.....	55
2.7 Вимірювання твердості зразків.....	57
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....	50
Висновки до розділу 3.....	59
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	60
4.1 Вступ.....	60
4.2 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів.....	60
4.3 Мікроклімат.....	62
4.4 Освітлення.....	62
4.4.1 Розрахунок рівня природного освітлення.....	63
4.4.2 Розрахунок штучного освітлення.....	65
4.5 Шум.....	63
4.6 Вібрація та її вплив на людину.....	64
4.7 Інфрачервоне та ультрафіолетове випромінювання.....	66
4.8 Загазованість та запиленість.....	68

4.9 Вентиляція.....	70
4.10 Електробезпека.....	70
4.11 Пожежна безпека.....	71
4.12 Безпека в надзвичайній ситуації.....	72
4.13 Висновки до розділу 4.....	75
5 ОРГАНІЗАЦІЙНО – ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	76
5.1 Науково-технічна актуальність теми дослідження.....	76
5.2 Мета та завдання НДР.....	77
5.2.1 Витрати на оплату праці.....	77
5.2.2. Єдиний соціальний внесок.....	78
5.2.3 Матеріали, необхідні для проведення досліджень.....	79
5.2.4. Енергоносії для проведення досліджень.....	79
5.2.5. Інші прямі неврахована витрати.....	79
5.2.6 Накладні витрати.....	80
5.2.7 Розроблення планової калькуляції кошторисної вартості теми.....	80
5.2.8 Науково-технічна ефективність НДР.....	81
6 БІЗНЕС-ПРОЕКТ.....	83
6.1 Команди.....	83
6.2 Назва проекту.....	84
6.3 Короткий опис проекту.....	84
6.4 Бізнес-модель.....	84
6.4.1 Цінний продукт.....	84
6.4.2 Сегмент споживачів.....	84
6.4.3 Канали збуту.....	84
6.4.4 Взаємодія із споживачами.....	85
6.4.5 Прибуток (монетизація).....	85
6.4.6 Ключові види діяльності.....	85
6.4.7 Ключові ресурси.....	85
6.4.8 Ключові партнери.....	86
6.4.9 Витрати.....	86
6.5 Споживчі властивості товару.....	86

6.6 Дослідження ринку.....	86
6.7 Дослідження конкурентного оточення.....	87
6.8 Маркетингова стратегія просування.....	87
6.9 Елементи фінансового плану.....	87
6.9.1 Опис бізнес-проекту.....	88
6.9.2 Опис товару/ послуги/ технології.....	88
6.9.3 Маркетинг та продаж.....	88
6.9.4 Фінансовий план.....	88
6.9.5 Резюме.....	89

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

ВПЛ – вихід придатного литва

ЗВВ – зворот власного виробництва

ФМн – феромарганець

ФС – феросиліцій

VL63M – феросиліцій-магній

ГМ – графітізувальний модифікатор

СМ – сфероїдизувальний модифікатор

БЧ – білий чавун

СЧ – сірий чавун

ВЧ – високоміцний чавун

кг – кілограм.

мм – міліметр.

с – секунда.

НВ – твердість за Бринелем.

НДР – науково-дослідна робот

РЕФЕРАТ

Кивгило Богдан Володимирович, гр. ФЛ-81мп, ІФФ

Магістерська дисертація: 103 с., 35 рис., 20 табл., 84 посилання.

Об'єкт дослідження – чавунні двошарові виливки із диференційованою структурою та властивостями.

Предмет дослідження – технологічний процес виготовлення двошарових виливків із модифікованих у ливарній формі чавунів.

Мета роботи – розроблення технологічного процесу диференційованого модифікування рідкого чавуну у реакційних камерах ливникової системи ливарної форми різними за функціональним призначенням модифікаторами для виробництва виливків з твердим зносостійким поверхневим робочим шаром і м'якою, в'язкою ударостійкою матрицею.

Методи дослідження – оброблення експериментів проводили стандартними методами, металографічних досліджень, а також визначення твердості та мікротвердості чавуну у виливках.

Результати досліджень – досліджено технологічні особливості запропонованих процесів та розроблені режими лиття для стабільного виготовлення виливків з диференційованими структурами та властивостями з одного розплаву при литті.

Ступінь впровадження – лабораторні випробування.

Область застосування – металургія, машинобудування тощо.

Прогнозні припущення щодо розвитку об'єкта дослідження – виготовлення виливків із робочою частиною зносостійкого білого чавуну та матричного сірого або високоміцного чавуну, які призначені для роботи в умовах абразивного зношування. БІЛИЙ ЧАВУН, СІРИЙ ЧАВУН, ВИСОКОМІЦНИЙ ЧАВУН, ВИЛИВКИ, СФЕРОЇДИЗУВАЛЬНЕ ТА ГРАФІТИЗУВАЛЬНЕ МОДИФІКУВАННЯ, ДИФЕРЕНЦІЙОВАНІ ВЛАСТИВОСТІ.

Реферат

Кивгило Богдан Владимирович, гр. ФЛ-81мп, ИФФ

Магистерская диссертация: 103 с., 35 рис., 20 табл., 84 ссылки.

Объект исследования - чугуны двухслойные отливки с дифференцированной структурой и свойствами.

Предмет исследования - технологический процесс изготовления двухслойных отливок из модифицированных в литейной форме чугунов.

Цель работы - разработка технологического процесса дифференцированного модифицирования жидкого чугуна в реакционных камерах литниковой системы литейной формы различными по функциональному назначению модификаторами для производства отливок с твердым износостойким поверхностным рабочим слоем и мягкой, вязкой ударопрочной матрицей.

Методы исследования - обработки экспериментов проводили стандартными методами, металлографических исследований, а также определения твердости и микротвёрдости чугуна в отливках.

Результаты исследований - исследованы технологические особенности предлагаемых процессов и разработаны режимы литья для стабильного изготовления отливок с дифференцированными структурами и свойствами с одной расплава при литье.

Степень внедрения - лабораторные испытания.

Область применения - металлургия, машиностроение и др.

Прогнозные предположения по развитию объекта исследования - изготовление отливок из рабочей частью износостойкого белого чугуна и матричного серого или высокопрочного чугуна, предназначенные для работы в условиях абразивного износа. БЕЛЫЙ ЧУГУН, СЕРЫЙ ЧУГУН, ВЫСОКОПРОЧНЫЙ ЧУГУН, ОТЛИВКИ, СФЕРОИДИЗУВАЛЬНЕ И ГРАФИТИЗУВАЛЬНЕ МОДИФИЦИРОВАНИЯ, ДИФФЕРЕНЦИРОВАННЫХ СВОЙСТВА

ABSTRACT

Kivgilo Bohdan, c. FL-81mp, IFF

Master's Thesis: 103 s., 35 fig., 20 table., 84 links.

Object of study - cast iron two-layer castings with differentiated structure and properties.

The subject of the research is the technological process of making two-layer castings of cast iron modified in casting.

The purpose of the work is to develop a process for the differential modification of liquid iron in the reaction chambers of the foundry foundry system by different functionally modifiers for the production of castings with a hard wear-resistant surface working layer and a soft, viscous impact-resistant matrix.

Research Methods - The processing of experiments was performed using standard methods, metallographic studies, and the determination of hardness and microhardness of cast iron in castings.

Research results - technological features of the proposed processes are investigated and molding modes are developed for stable casting production with differentiated structures and properties from a single melt during casting.

Degree of implementation - laboratory testing.

Scope - metallurgy, mechanical engineering, etc.

Estimated assumptions for the development of the object of study - the production of castings with a working part of durable white cast iron and matrix gray or high-strength cast iron, which are designed to work in abrasive conditions. WHITE IRON, GRAY IRON, HIGH-POWERED IRON, CASTING, SPHEROIDIZING AND GRAPHITIZING MODIFICATION, DIFFERENTIATED PROPERTIES

ВСТУП

У металургії, гірничо-добувній промисловості, теплоенергетиці, будівництві експлуатується велика кількість машин і механізмів для добування, подрібнення, розмелювання, змішування, транспортування сировини та напівфабрикатів. Однією з основних причин виходу з ладу такого устаткування є абразивне зношування робочих деталей механізмів, наприклад: щік та молотків дробарок, ножів (лез) грейферів, мелючих тіл, бронефутерувальних плит, млинів, шківів, блоків транспортних систем тощо.

З точки зору умов експлуатації такі деталі можна віднести до композиційних із диференційованими властивостями їх локальних частин. Тому, що при їх експлуатації інтенсивному зношуванню піддається не вся деталь машини, а тільки її частина, яка безпосередньо контактує з абразивом. До хімічного складу, мікроструктури та властивостей матеріалу цієї частини висувають вимоги, направлені на забезпечення заданої твердості та зносостійкості. До матеріалу частини, яка не контактує з абразивом, можуть висуватись інші вимоги, наприклад, забезпечення в'язкості та пластичності.

У промисловості диференціація властивостей частин деталей досягається різними методами: прокаткою двох різнорідних сплавів, механічним обробленням (шліфуванням), пресуванням, зварюванням, литвом. Вироби із диференційованими властивостями, що виготовляються останнім методом отримують на сьогодні все більш широке застосування. Однак вони вимагають, як правило, використання двох плавильних агрегатів для одержання розплавів різного хімічного складу, що ускладнює ці технології та збільшують вартість литих деталей.

У той самий час має перспективу принципово новий та простіший спосіб диференціації властивостей локальних частин литих виробів, який базується на модифікуванні розплаву в реакційній камері ливникової системи.

Таке модифікування призводить до зміни структури та властивостей чавуну у виливках, порівняно з тим, що заливається в форму. Для одержання різної структури та властивості у локальних частинах необхідно забезпечити заливання розплаву через декілька каналів ливникової системи.

Серед конструкційних матеріалів для литих виробів широкого використання набув чавун, що обумовлено його кращими ливарними та технологічними властивостями, низькою вартістю, можливістю досягнення високих механічних і експлуатаційних властивостей. Високу твердість забезпечити білий чавун із карбідами заліза та інших елементів в ледебуритній евтектиці, а пластичність і в'язкість високоміцний та сірий чавун феритного (ферито-перлітного) класу.

Однак у даний час теоретичні відомості та експериментальні дані щодо процесів виготовлення виливків із комбінаціями локальних частин із таких видів чавунів та застосуванням модифікування одного базового розплаву в реакційній камері ливникової системи вкрай обмежені. Тому роботу можна актуальною, яка має важливе науково-практичне значення.

У роботі описується існуючі методи модифікування чавунного розплаву, серед яких найкращим для застосування у двошарових виливках є внутрішньоформене модифікування "Inmold-process". Цей процес модифікування дає змогу отримати диференційовані властивості чавуну, при заливанні розплаву через один стояк із розділенням на два симетричні потоки, один з яких графітизуються або сфероїдизуються. Для запобігання перемішуванню модифікованого чавуну у порожнині ливарної форми встановлено металеву перегородку.

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Виготовлення багатошарових і біметалевих виливків

Біметалеві та багатошарові деталі, які складається з двох чи декількох шарів різних сплавів, являються особливим класом конструктивних матеріалів із широким комплексом експлуатаційних та технологічних характеристик. В основі практичного застосування багатошарових і біметалевих виливків лежить можливість створення композицій із заданими, а часом унікальними властивостями, також економічне використання дефіцитних і дорогих матеріалів.

З різноманіття існуючих методів отримання біметалевих і багатошарових виливків можна виділити чотири основні групи процесів, що характеризуються спільністю технологічних прийомів:

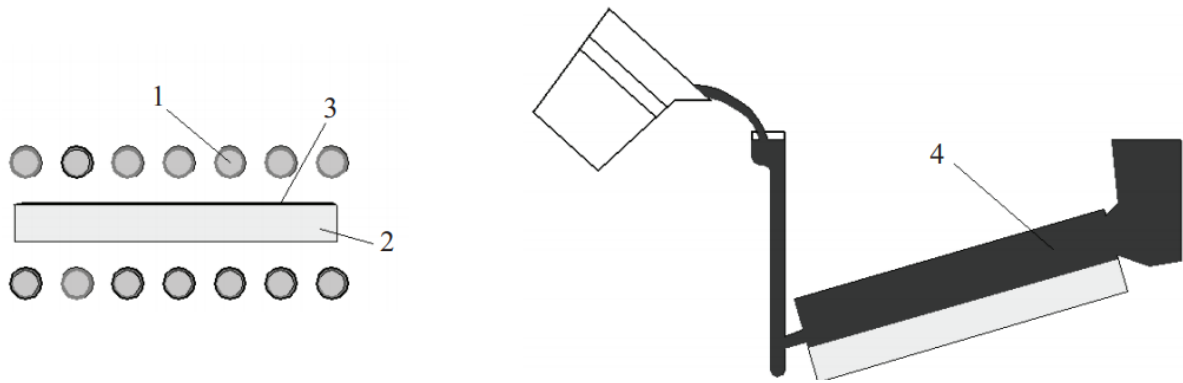
- заливання рідкого металу на тверду заготовку, розташовану в ливарній формі;
- послідовне заливання розплавів в форму через автономні ливникові системи;
- послідовне заливання розплавів у виливницю відцентрової машини;
- одночасне заливання розплавів в форму з розділовими перегородками.

Зазначені групи методів відрізняються температурно-часовими режимами процесу, характером підготовки сплавів, що з'єднуються, складом рафінувальних покриттів.

Установлено, що при виготовленні виливків за технологією заливання рідкого металу на тверду заготовку, розташовану в ливарній формі, отримання якісного дифузійного зв'язку між твердою сталевною заготовкою і розплавом, що заливається може бути забезпечено за рахунок зачищення поверхні заготовки до металевого блиску. Основними операціями даного технологічного процесу є:

- нанесення рівномірного шару захисного покриття на підготовлену робочу поверхню заготовки;
- попередній індукційний нагрів заготовки під шаром захисного покриття;
- заливання зносостійкого чавуну на робочу поверхню заготовки;

– витяг біметалевого вилівка з форми (рис. 1.1).

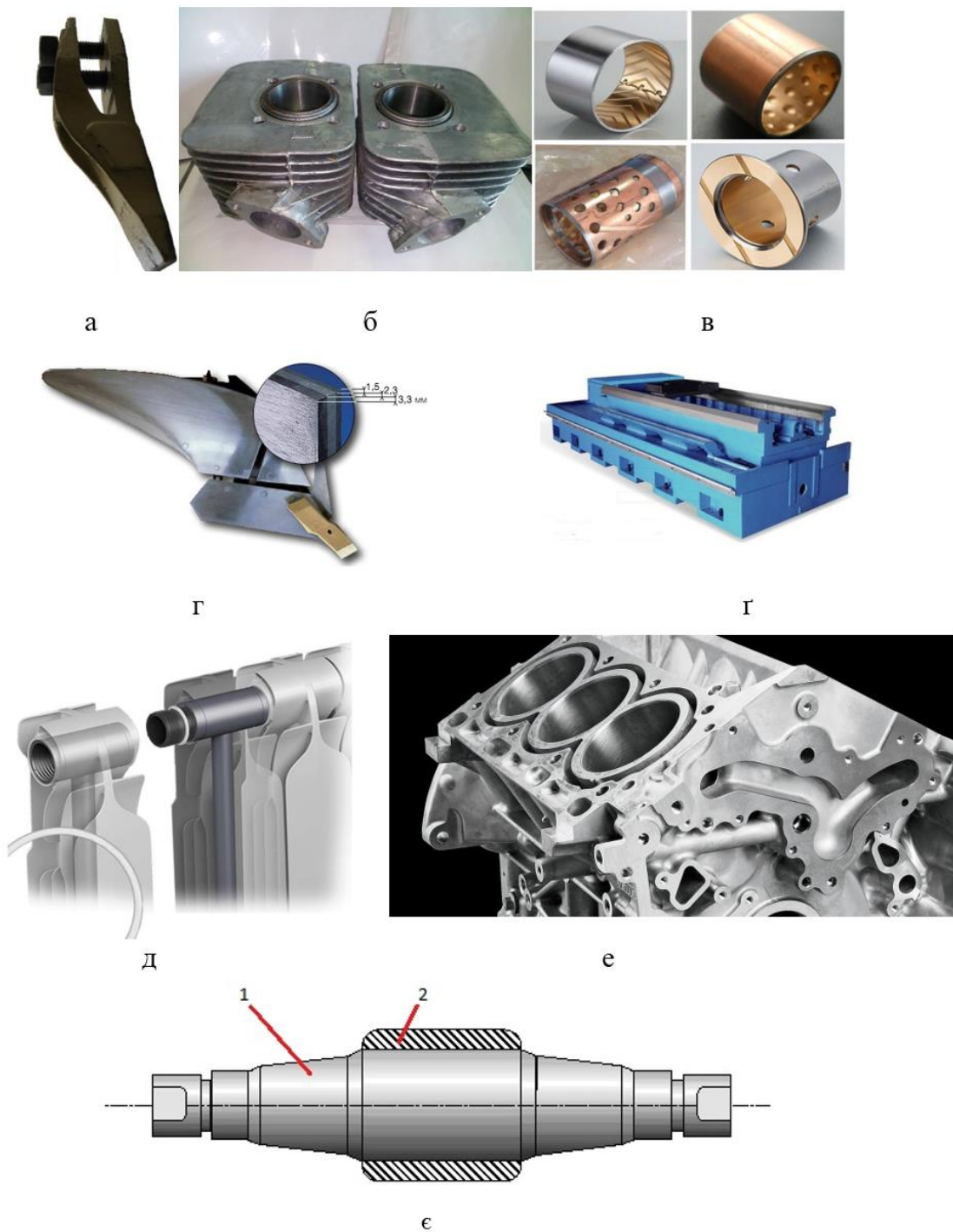


1 – водоохолоджуваний індуктор; 2 – тверда металева заготовка;

3 – захисне покриття; 4 – розплав металу

Рисунок 1.1 – Схема технологічного процесу виготовлення біметалевих виливків способом заливання рідкого металу на тверду заготовку

Цей спосіб заливання рідкого сплаву на тверду заготовку, попередньо установлену в ливарну форму або виливницю, по своїм технологічним можливостям, номенклатурі виробів, видами з'єднання матеріалів є універсальним. Прикладом можуть слугувати біметалеві циліндри двигунів внутрішнього згоряння з повітряним охолодженням (рис. 1.2, б). Технологія одержання перелічених деталей полягає в попередньому підготовленні поверхні сталевий або чавунної гільзи та подальшого заливання алюмінієвим сплавом. Так само проводиться сплавлення рідкого чавуну з твердим чавуном або сталлю. При виробництві базових верстатних деталей з направляючими із легованого чавуну досягається висока міцність зчеплення, близька до міцності основного металу, при нагріванні поверхні планки до температури, близької до її оплавлення. Зниження температури поверхні до 970...980 °С призводить до зниження міцності вдвічі. При цьому потрібне додаткове нанесення на поверхню планки тонкого захисного шару більш легкоплавкого металу або флюсу, наприклад, бури, борного ангідриду, фтористого калію, тетраборнокислого натрію, які при заливанні рідкого металу на планку змиваються, з зачищеної поверхні та захищають її від окиснення. Рекомендується також додаткове очищення вставки від окислів, що здійснюється короткочасним обробленням її в активному сплаві, яким для сталей і чавунів є цинк та його сплави.



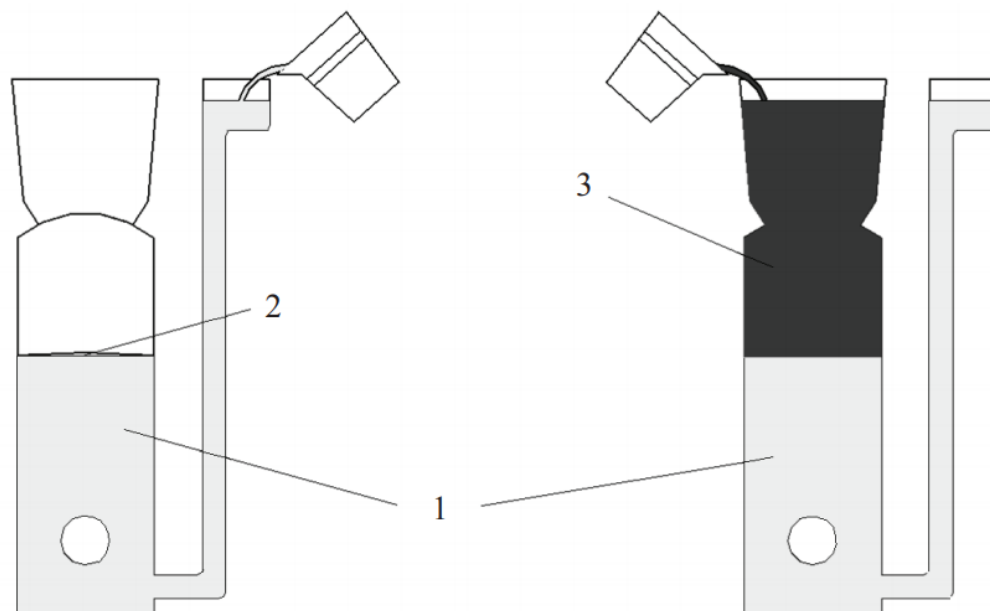
а – зуб ковша ескаватора; б – блок циліндрів повітряного охолодження;
 в – біметалеві втулки; г – плуг трактора; г – станина станка;
 д – біметалевий радіатор; е – блок циліндрів водяного охолодження;
 є – прокатний валок:

1 – основна частина валка; 2 – робоча частина валка

Рисунок 1.2 – Зносостійкі біметалеві та багатошарові виливки

Реалізація такої технологічної схеми в умовах масового виробництва виливків, в тому числі на базі зношених деталей, передбачає створення спеціалізованих ливарних комплексів із високим ступенем механізації й автоматизації основних операцій.

Головною відмінною рисою виготовлення біметалевих виливків послідовним заливання розплавів в форму через автономні ливникові системи (рис. 1.3) є наявність твердого першого шару, температурні параметри якого відрізняються від параметрів індукційного нагріву твердої заготовки.



1 – сталь; 2 – синтетичний рафінувальний флюс; 3 – зносостійкий чавун

Рисунок 1.3 – Схема технологічного процесу виготовлення біметалевих виливків способом послідовного заливання розплавів у ливарну форму

Для забезпечення необхідних умов формування надійної перехідної дифузійної зони на затверділий перший шар, наносять рафінувальне покриття (флюс), функція якого полягає у видаленні утворювальних оксидних плівок і запобігання подальшого окислення, до заливання другого шару. При цьому необхідне співвідношення товщини шарів, які заливаються, досягається за допомогою спеціальних каналів, виконаних у ливарній формі.

Сутність цієї технології полягає в тому, що заливання ливарної форми здійснюють двома або більше різними за складом і властивостями чавунами через самостійні ливникові системи, живильники, які розташовані на різних рівнях. Так, при виготовленні корпусних і базових верстатних деталей (рис. 1.2, г) лего-

ваним чавуном заливаються тільки ті частини виливка, які утворюють направляючу або іншу площину тертя; інша частина форми заливається наприклад сірим чавуном (рис. 1.4). Особливістю цього методу є те, що отримання якісних виливків пов'язане з необхідністю регулювання величини перехідної зони, а також ступенем взаємного проникнення сплавів, які заливаються.

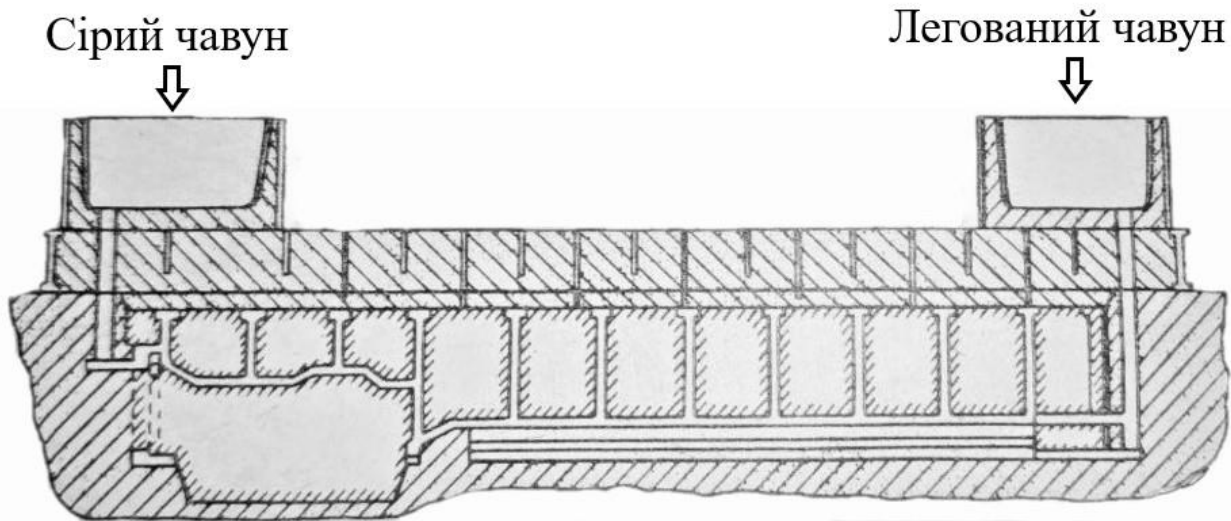
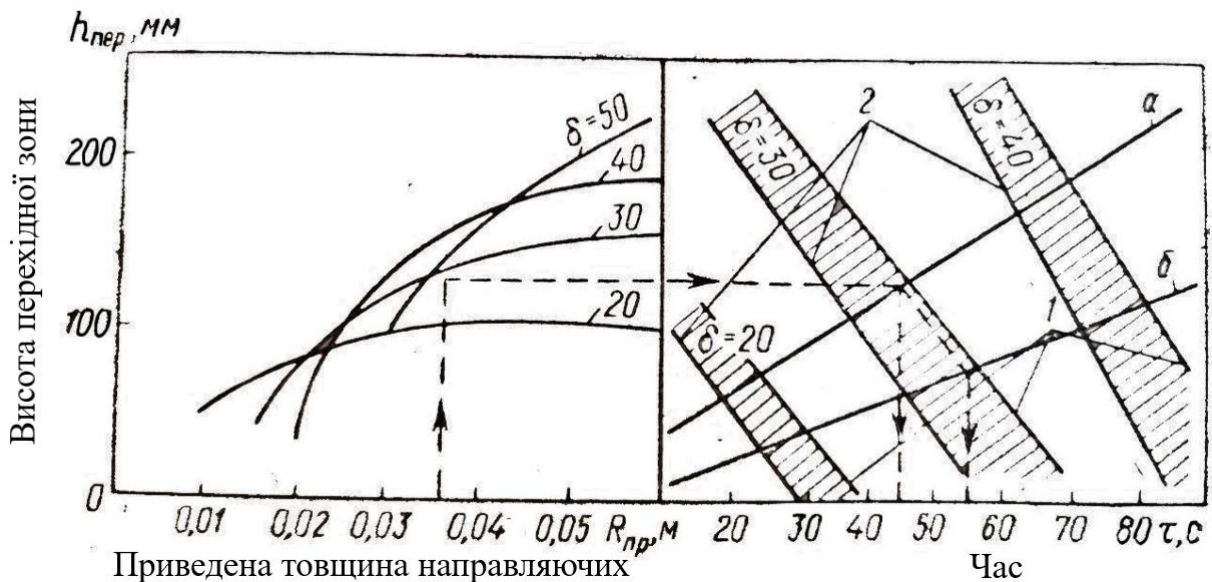


Рисунок 1.4 – Схема технології поетапної заливки форми станини із різним рівнем за допомогою самостійних ливникових систем [3]

Тому другий метал заливається у форму через певний проміжок часу, за який температура першого металу знижується, а густина збільшується, і досягає величини, яка більша за густину другого металу, цим самим гальмує процес змішування. Для визначення цього часу при отриманні корпусних виливків і базових станкових деталей в залежності від оптимальних розмірів перехідних Т-подібних зон перерізу, товщини напрямних і стінок виливків для визначення температури заливання, можна користуватися номограмою (рис. 1.5). Завдяки більш сприятливому сполученню структури у тонких і товстих перерізах, двошарові чавунні виливки володіють підвищеною демпфувальною властивістю і виходячи з цього, більш високою зносостійкістю в порівнянні з монолітними виливками.



1 – $t_{\text{зал}} = 1330 \pm 10^\circ\text{C}$; 2 – $t_{\text{зал}} = 1270 \pm 10^\circ\text{C}$;

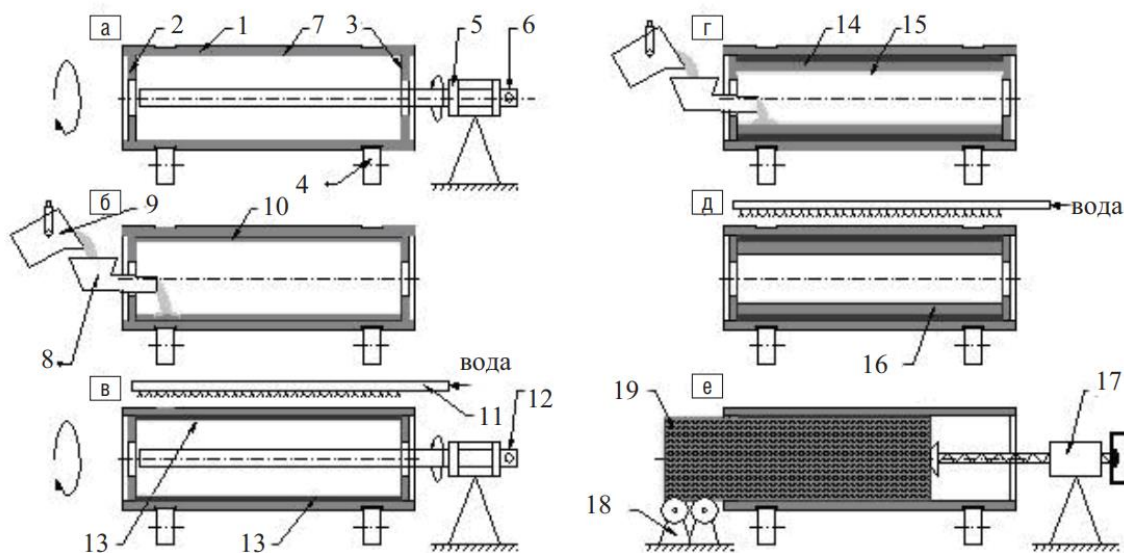
a – довжини виливка 6 м; б – довжина виливка 2 м

Рисунок 1.5 – Номограма для визначення часу витримування між заливанням у форму легованого та нелегованого чавунів із залежністю від висоти $h_{\text{пер}}$ перехідної зони та зони теплового впливу, приведеної товщини направляючих $R_{\text{пр}}$, товщини стінок δ , $t_{\text{зал}}$ легованого чавуну і довжини виливка [3]

Отримання багат шарових і біметалевих виливків, послідовним заливання розплавів у виливницю відцентрової машини на рідку, рідко-тверду і тверду металеву основу при стаціонарній формі або формі, що обертається. При цьому суцільність металевої основи виробів і деталей із дифузійними зв'язками вигідно відрізняє їх у службових характеристиках (тепловідвід, демпфуюча здатність), а також по геометричній і розмірній точності від деталей із механічними зв'язками. За своїми технологічними можливостями, геометричними розмірів і маси одержуваних виливків спосіб послідовного заливання розплавів у виливницю відцентрової машини має велику універсальність: він з успіхом застосовується, як для виготовлення велико-базових верстатних деталей масою 20...25 тонн і злитків масою до 13 тонн, так і для виготовлення дрібних деталей масою до 1 кг. Цим способом можна одержувати тіла обертання різного призначення: труби, циліндричні гільзи, поршні, прокатні валки, (рис. 1.2, є,в), а також біметалеві чавунно-сталеві заготовки для подальшого екстрагування. В даний час існує велика кількість різних методів отримання багат шарових виливків від-

центровим способом зокрема послідовне заливання в форму рідких сплавів, а також заливання розплаву на тверду заготовку, встановлену в ливарну форму або виливницю.

Відповідно до особливостей технологічного процесу виготовлення біметалевих циліндричних виливків (рис. 1.6) для їх виробництва довжиною від 600 мм до 1250 мм розроблена горизонтальна роликова відцентрова машина типу МЦЛ-340 [1], а заготовок довжиною до 600 мм консольна відцентрова машина типу Л-4594 [2]. Необхідне співвідношення товщини шарів, що заливаються в даному випадку забезпечується дозуванням розплавів по масі.

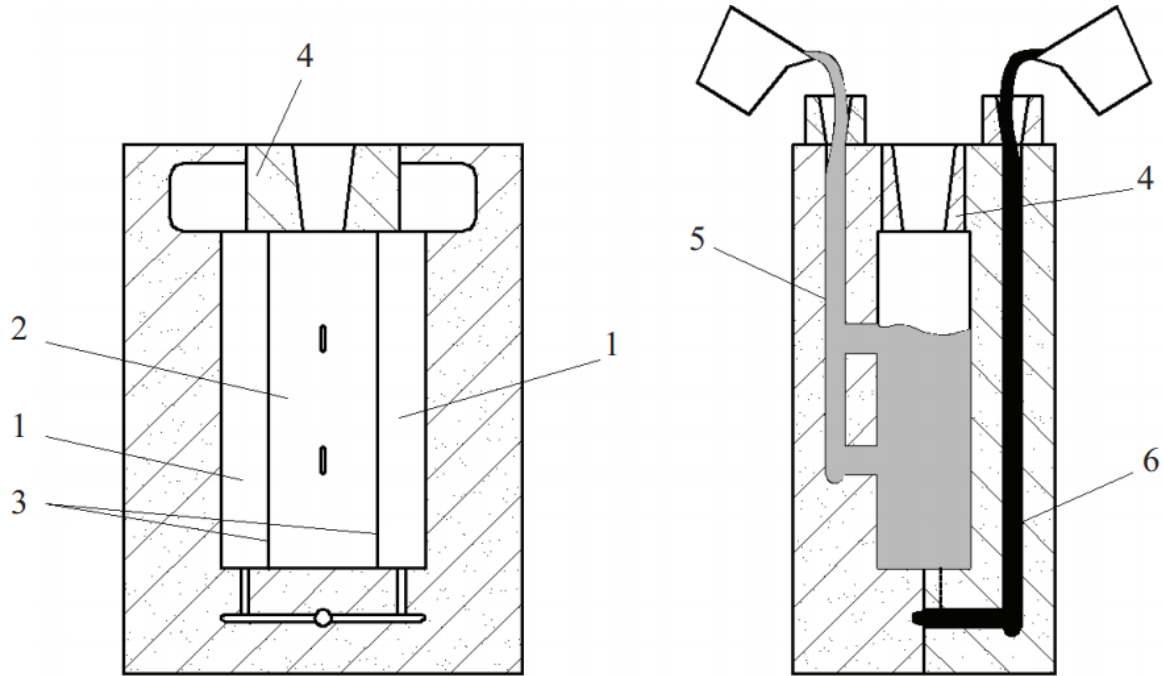


1 – виливниця; 2 – кришка виливниці; 3 – шар теплоізоляційного покриття кришки; 4 – опорний ролик виливниці; 5 – напрямна стійка; 6 – пристрій для нанесення теплоізоляційного покриття виливниці; 7 – шар теплоізоляційного покриття виливниці; 8 – заливальна чаша; 9 – заливальний ківш; 10 – розплав робочого шару; 11 – пристрій для охолодження виливниці; 12 – пристрій для засипання флюсу; 13 – плівка рідкого флюсу; 14 – розплав внутрішнього шару; 15 – плівка рідкого флюсу; 16 – внутрішній шар заготовки; 17 – пристрій для вилучення заготовки; 18 – приймальний роликовий пристрій; 19 – двошарова заготовка

Рисунок 1.6 – Схема технологічного процесу виготовлення біметалевих виливків відцентровим способом, послідовним заливанням розплаву: а – нанесення теплоізоляційного покриття виливниці, б – заливання розплаву робочого шару, в – охолодження виливниці та флюсування поверхні робочого шару, г – заливання розплаву внутрішнього шару, д – охолодження виливниці, е – витягання заготовки

Типовий приклад такої технології є виготовлення валків для вугільно-подрібнювальних установок, зовнішній шар, яких заливається зносостійким легованим чавуном, а внутрішній сірим чавуном перлітного класу. Даний спосіб знайшов застосування при виробництві багатошарових труб і трубних заготовок, циліндричних гільз, прокатних валків (рис. 1.2, є) й інших. Також відцентровим способом виготовляють двошарові валки папероробних машин масою 14 тонн, діаметром більше 1900 мм і довжиною більше 10 м. Спочатку заливають 9,5 тонн білого чавуну при температурі 1300...1400 °С при швидкості заливання 77...122 кг / с. Після заливання першої дози металу форма крутиться 25...30 хв. При досягненні першого шару температури ліквідус у форму вводять захисний флюс масою 2,5 кг на 1 м² площі внутрішньої поверхні. Заливання другої порції металу розпочинають після того, як температура першого шару буде приблизно на 5 °С нижче температури солідус. Друга порція заливається зі швидкістю 27...39 кг / с. При цьому має місце підплавлення першого шару за рахунок теплоти другої порції чавуну.

При виробництві багатошарових виливків шляхом одночасного заливання розплавів в форму з розділовими перегородками (рис. 1.7) (на відміну від розглянутих вище способів) перехідна зона між шарами формується в результаті часткового розчинення сталеві розділової перегородки, яка попередньо піддавалася травленню та знежиренню, без використання захисних і рафінувальних покриттів. При цьому конструкція ливникової системи повинна забезпечувати рівномірне заповнення порожнини ливарної форми розплавами сталі і зносостійкого чавуну або інших металів. Необхідно зазначити, що через нестабільних теплових умов формування виливків цей спосіб має певні температурні труднощі.



1 – порожнина форми для заливання зносостійкого чавуну; 2 – порожнина форми для заливання сталі; 3 – розділова перегородка; 4 – стрижень для фіксації розділових перегородок; 5 – ливникова система для заливання сталі; 6 – ливникова система для заливання чавуну

Рисунок 1.7 – Схема технологічного процесу виготовлення багат шарових виливків способом одночасного заливання розплавів у форму з розділовими перегородками

По номограмі (рис. 1.8) для визначення температурних режимів отримання біметалевих виливків в поєднанні чавуну зі сталі марок: сталь 45, 65X13, і армо-залізом задаються ступенем розчинення металу-основи Δ (мм) і знаходять усереднену температуру контакту $t_{\text{конт}}$ по вісі Y, яка є визначальною для отримання надійного дифузійного зв'язку. В номограмі варіюються температури чавунів, що заливається (1300...1500 °C), а також підігріву поверхні сталеві заготовки (600...1200 °C), визначення яких здійснюється за ступенем розчинення металу-основи і масі чавуну ($M_{\text{ч}}$), що припадає на 1 см² контактної поверхні сталеві заготовки $F_{\text{ст}}$ [3]

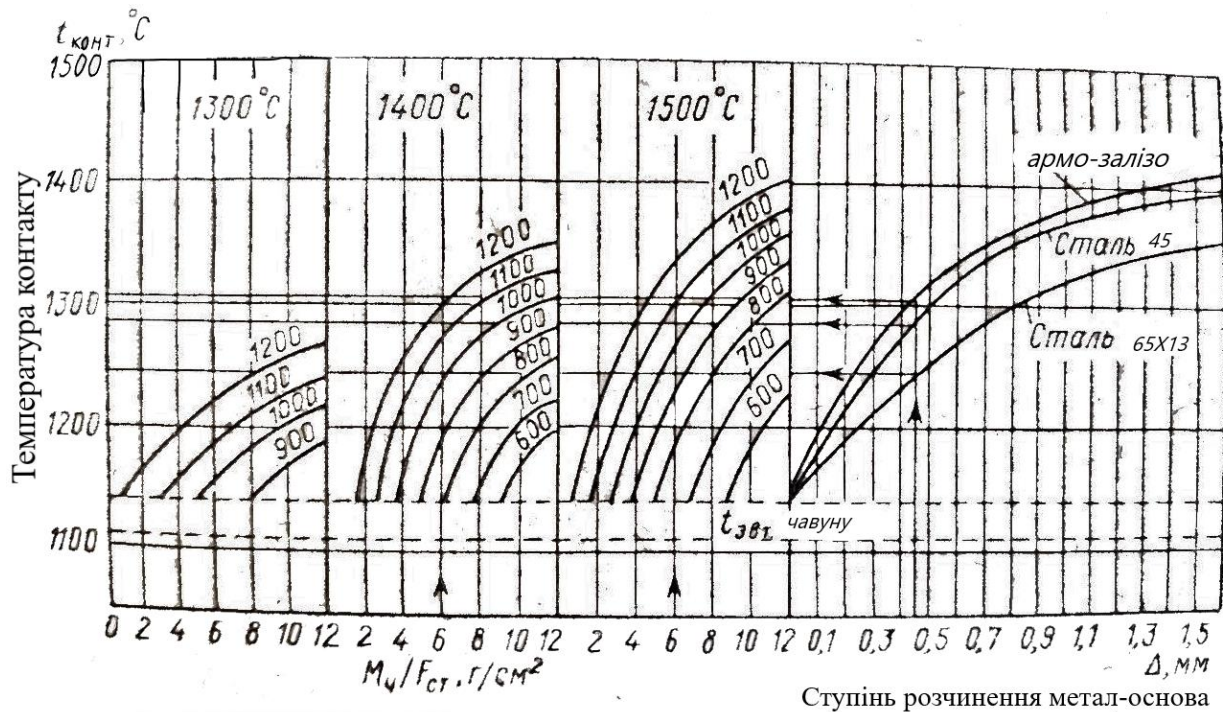


Рисунок 1.8 – Номограма для визначення температурних режимів виготовлення біметалевих виливків для поєднання: сталь 45 – чавун, сталь 65X13 – чавун, армо-залізо – чавун по заданому ступеню розчинення метал-основа Δ та при відомому відношенню маси чавуна, що заливається $M_{\text{ч}}$ до контактної площі сталевий заготовки $F_{\text{ст}}$ [3]

Підчас розроблення технології виготовлення біметалевих виливків і виробів чавун-сталь, чавун-чавун рекомендують оброблення твердих пластин і стрижнів бурою або вести заливання під шаром флюсу, що відповідає властивостям системі $Na_2B - B_2O_3 - SiO_2$. На практиці застосовується також виготовлення біметалевих деталей машин, за допомогою відцентрового лиття з електродувим плавленням шихти всередині заготовки для нанесення шарів металу з необхідними властивостями. Наприклад, для наплавлення зносостійким сплавом сормайт (стеліт), бронзою тощо. Спосіб виготовлення багат шарових литих виробів при заливанні розплаву на тверду основу за допомогою застосування розігріву поверхні на якій буде відбуватися наплавлення або високотемпературне оброблення заготовки в рідкому флюсі з наступним заливанням рідкого металу покладено в основу ряду технологічних процесів і конструкцій спеціального обладнання [3].

Серед методів описаних вище, технології виготовлення багат шарових і біметалевих виливків та їх застосування можна виділити метод виготовлення двошарових виливків за допомогою одночасного заливання розплаву у форму з

розділовою перегородкою. Заливання форми відбувається через один стояк, а потім за допомогою ливникового ходу розділяється на два симетричні потоки, які заповнятимуть форму з металевою перегородкою.

Із застосуванням методу внутрішньоформового модифікування запропоновано спосіб виробництва двошарових чавунних виливків із зносостійкою твердою робочою поверхнею та м'якою пластичною ударостійкою матрицею, що досліджуються метод внутрішньоформового модифікування полягає у попередньому завантаженні модифікатора в реакційну камеру ливникової системи ливарної форми з наступним заливанням форми крізь реакційну камеру і розчиненням модифікатора в струмені чавуну. При цьому розрахункова кількість модифікатора і тривалість його розчинення навмисно зменшується таким чином, щоб на другому етапі заливання частина чавуну надходила в форму без модифікування крізь спустошену реакційну камеру або після паузи крізь незалежну ливникову систему без реакційної камери. Можливі й інші варіанти диференційованого модифікування чавуну в ливниковій системі форми для отримання двобічних виливків, наприклад, розділення вихідного чавуну в ливниковій системі на два потоки, один з яких прямує безпосередньо в одну частину порожнини форми, а інший крізь реакційну камеру з модифікатором у іншу частину форми. Також можливо обидва потоки одночасно спрямувати в різні частини порожнини форми крізь камери з різними за функціональним призначенням модифікаторами [4].

1.2 Властивості чавунів у виливках із диференційованою структурою

При виготовленні біметалевих виливків частіше за все зустрічаються комбінації зносостійкого легованого або білого чавуну з сірим або високоміцним чавуном. Основні характеристики, яких є визначальними для біметалевих виливків:

- для робочого шару деталі, висока твердість та зносостійкість поверхні, може бути забезпечена білим чавун або спеціально легованим чавуном;
- для шару матриці основи потрібна висока міцність і ударна в'язкість, а також оброблюваність. Таким умовам може відповідати високоміцний та сірий чавун ферито-перлітного класу.

Розглянемо детальніше характеристики перелічених чавунів.

ДСТУ EN 1561:2010 «Литво. Сірий чавун. Технічні умови», регламентує наступні марки: СЧ10, СЧ15, СЧ20, СЧ25, СЧ30, СЧ35.

Чутливість сірого чавуну до швидкості охолодження велика, що наприклад, при литті у разову піщану форму по-сірому, збільшення товщини перерізу виливка типу плити з 15 до 40 мм призводить до зниження міцності чавуну на 50 МПа за рахунок збільшення розміру графіту та збільшення долі фериту в матриці. Тобто чавун марки СЧ20 у 40 мм перерізах стінок стає маркою СЧ15 і навпаки, зменшення товщини плит 15 до 6 мм підвищує міцність на 50 МПа і чавун марки СЧ20 у тонких перерізах, за рахунок подрібнення та завихрення графіту, збільшення долі перліту в матриці, стає маркою СЧ25 [15, 16].

Максимальну рідкоплинність, яка дозволяє заповнювати стінки товщиною до 4 мм, мають низькоміцні марки чавуну СЧ10 і СЧ15 близького до евтектичного складу з вуглецевим еквівалентом 4,3...4,4%.

При евтектичній кристалізації об'єм графіту збільшується приблизно в три рази, порівняно з об'ємом рідкої фази, у якій він був перед цим розчинений. Тому велика кількість графіту, який виділяється під час евтектичної кристалізації високовуглецевих марок СЧ10 та СЧ15 в значній мірі компенсує усадку виливків з таких чавунів. Такі виливки не схильні до жолоблення, тріщиностійкі і часто проектуються без наливів. Підвищення вмісту вуглецю, наприклад, від 2,9 до 3,7 % майже лінійно збільшує рідкоплинність сплаву. При цьому лінійна усадка чавуну зменшується від 1,3 до 0,9%, а об'ємна від 3,0 до 1,5% [5].

Високий вміст графітізувального вуглецю і особливо кремнію гарантують усунення вибілення у тонких перерізах виливках із чавуну марок СЧ10 і СЧ15. Але з тієї ж причини розпадається і цементит, що входить до складу перліту. Тому чавун, навіть у тонких перерізах, кристалізується здебільшого з недостатньо міцною феритною металевою матрицею, особливо у прилеглих до графітових вкраплень і тому збіднених на вуглець евтектичних металевих зернах. В'язко-пластичні властивості фериту в сірому чавуні з пластинчастим графітом не реалізуються. Тому в сірому чавуні ферит, на відміну від перліту, можна вважати фазою, що знижує міцність. Великий загальний вміст грубого пластинчастого графіту і велика доля низької міцності фериту знижує міцність евтектичних

сірих чавунів до 100...150 МПа, а в масивних більш, як 150 мм перерізах навіть до 65...80 МПа [6, 15, 16, 17].

Марки СЧ10 та СЧ15 використовують, як матеріал для виливних заготовок геометричних стабільних проти жолоблення слабкого навантаження виробів, невідповідальних та неударостійких деталей, зносостійкість, яких не має особливого призначення. До таких виливків належать ливарні опоки, гирі, вантажі, противаги, кухонний посуд, радіатори парового опалювання, каналізаційні труби і фасонні частини до них, ванни та душові піддони, колосники, дверцята та інша пічна арматура, прості корпуси, кришки, плити, колони, опори, рами тощо.

Марки сірого чавуну із середньою міцністю СЧ20 і СЧ25 одержують добавкою в шихту з первинних чавунів, чавунного брухту та звороту власного виробництва 10...15 % сталевих брухту. Вони мають знижений вміст вуглецю, тобто графіту (що збільше живий переріз стінки) і кремнію. Графіт у чавуні середньодисперсний слабкозавихрений. Причому при литті тонкостінних виливків для усунення можливого вибілення приблизно 0,20...0,40% кремнію, який додається у чавун не з шихтою, а у складі 75% феросиліцію марки ФС75 дрібними шматочками розміром 5...15 мм безпосередньо у розливальний ківш під струмінь металу. Така додаткова технологічна операція сприяє диспергуванню, скороченню довжини і завихренню пластинчастого графіту, що додатково підвищує міцність чавуну. Одночасно знижуються схильність низьковуглецевого чавуну до кристалізації з вибіленням в тонких перерізах товщина перерізу 10...12 мм. За 10...15 хвилин витримки в ковші ефект такого оброблення майже повністю зникає, що не спостерігається при легуванні чавуну, наприклад, нікелем або марганцем.

Цілеспрямована позапічна зміна хімічного складу сплаву з метою покращення його структури і властивостей, ефективність якої, на відміну від легування, послаблюється, а згодом і повністю зникає у разі ізотермічного витримання розплаву або в разі переплавлення модифікованого звороту називається модифікуванням.

Відносно невисокий вміст графітизувального кремнію а, з іншого боку, підвищений вміст стабілізувального марганцю сприяє більшій долі міцного пер-

літу в металевій матриці чавунів марок СЧ20 і СЧ25. Марганець до того ж підвищує прогартування сплаву, що в значній мірі вирівнює властивості чавуну в різних перерізах. Ступінь евтектичності чавунів СЧ20 і СЧ25 складає $S_e = 0,90...0,94\%$, тобто близька до 1, а інтервал затвердіння складає біля 50°C . Задовільні ливарні та підвищені механічні властивості при мінімальній вартості сприяють тому, що чавун марок СЧ20 і СЧ25 на сьогодні є розповсюдженим сплавом у ливарному виробництві.

Із чавуну марок СЧ20 та СЧ25 виготовляють литі заготовки герметичних стабільних за розміром і конфігурацією деталей помірної зносостійкості, які працюють в умовах середніх і підвищених статичних навантажень. До таких виливків належать відповідальні частини сільгосптехніки, автотракторне литво, компресорне литво, станинне литво, столи, корпуси задніх бабок, стойки, шестерні, зубчасті колеса, маховики, шківни, гальмівні барабани, диски зчеплення, кронштейни, напірні труби, вентиля, здвиги, фітинги, трійники та інша водо- та паропровідна арматура, гідроциліндри, гільзи, корпуси гідронасосів, золотники.

Виробництво виливків із міцніших марок сірого чавуну СЧ30 і СЧ35 пов'язано з деякими труднощами. Додатком до чавунної частини шихти $20...40\%$ сталевих брухту неважко знизити вуглецевий еквівалент чавуну до $3,5...3,6\%$, тобто зменшити ступінь його евтектичності до $S_e = 0,77...0,84\%$. Але при цьому інтервал кристалізації збільшується майже до 100°C і залити таким чавуном стінку виливка перерізом менше 8 мм досить проблематично. Знижений вміст вуглецю при кристалізації графітової фази повністю не компенсує розосереджену поруватість виливка. Схильність до графітизації у такого чавуну невелика і він кристалізується з вибіленням навіть у товстих перерізах стінок. Для усунення вибілення рідкий чавун обов'язково модифікують феросиліцієм. При цьому формуються дрібнодисперсний тонкий завихрений графіт. Підвищена температура ліквідус потребує підвищеної температури заливання розплаву у форми, що з одного боку додатково підвищує усадкову поруватість, збільшує пригар на виливках, а з іншого боку потребує підвищених витрат енергії на плавку.

Загальноприйнятий процес отримання сірого чавуну марок СЧ30 і СЧ35 включає плавлення в електричних печах або перегрів ваграночного чавуну в еле-

ктричних міксерах до 1430...1450 °С (так званий дуплекс-процес), ефективно графітизувальне модифікування рідкого чавуну у ковші 0,4...0,8% феросиліцію і ускладнення технології форми додатковими надливами.

Сірий чавун марок СЧ30 і СЧ35 використовують, як матеріал для лиття заготовок герметичних зносостійких деталей, які працюють в умовах підвищених статичних навантажень. До них, зокрема, належать гідроциліндри, корпуси гідронасосів та золотників підвищеного тиску, паропровідні та дизельні циліндри, направляючі, плити, станини, патрони високонавантажених станків, рами, блоки циліндрів, колінчасті та кулачкові вали, зубчасті колеса, шестерні, муфти, кулачки двигунів та інше відповідальне литво.

Взагалі треба констатувати, що для підвищення міцності сірого чавуну необхідно різноманітними технологічними заходами диспергувати та роз'єднувати включення пластинчастого графіту, завихрити і притупляти їхні гострі кромки, зменшувати їх загальну кількість, забезпечити максимальну частку міцного перліту, а ще краще – сорбіту і троститу (на противагу м'якому фериту) в металевій матриці. Тому, якщо в чавуні марок СЧ10 і СЧ15 припустимо мати феритну чи ферито-перлітну металеву матрицю, то у чавуні марок СЧ20 – треба мати переважно перліто-феритну, марки СЧ25 – перлітну, марки СЧ30 – сорбітну, а марки СЧ35 – навіть троститну металеву матрицю.

Сірий чавун характеризується аномальним характером рідкотекучості, яка при збільшенні вмісту вуглецю та кремнію підвищується, але досягає максимуму не при евтектичному (СЕ=4,3), а при заевтектичному складі (СЕ=4,7...4,9). Це пов'язано зі здатністю заевтектичних чавунів зберігати текучість у певному інтервалі температур нижче температури ліквідус, при чому кристалізація первинного графіту супроводжується значним тепловим ефектом. Помітне зростання рідкотекучості спостерігається також при підвищенні вмісту фосфору в сплаві. Вплив інших елементів визначається зміною в'язкості металу. При одночасному вмісті марганцю і сірки утворюються сульфіді, які, як і графіт, що не розчинився, й інші тугоплавкі включення в металі знижують рідкоплинність. Усунення цих включень відповідним обробленням рідкого металу помітно підвищує рідкотекучість. З іншого боку, модифікування сірого чавуну графітизуваль-

ними присадками в більшості випадків дещо зменшує рідкоплинність із утворенням графітної спілі в металі. Проте, якщо при цьому істотно зменшується вміст газів і неметалевих вкраплень, то рідкоплинність може збільшитися.

Другою найважливішою ливарною властивістю є усадка. Характер усадки сірого чавуну в значній мірі визначається процесом графітизації. Зменшення об'єму чавуну при охолодженні в рідкому стані практично постійне. В період твердіння усадка пов'язана зі зміною агрегатного стану і особливо з графітизацією. У сірому чавуні внаслідок виділення графіту із рідкої фази в заевтектичних чавунах та при евтектичній кристалізації відбувається розширення. Компенсація усадки тим повніша, чим більше утворюється незв'язаного графіту. Об'ємна усадка сірого чавуну складає 1,5...3,0%.

При охолодженні чавуну в твердому стані зміна об'єму (лінійна усадка) визначаються двома процесами: виділенням графіту у зв'язку із зменшенням його розчинності в аустеніті та термічним стисненням матриці сплаву. Саме з графітизацією пов'язане попередньоусадкове розширення. Після перлітна лінійна усадка сірого чавуну складає 0,9...1,1%, тоді, як доперлітна усадка сірого чавуну до 0,3%.

Особливості протікання усадкових процесів в сірому чавуні і відносно мала усадка при кристалізації та у твердому стані полегшує задачу отримання якісних виливків. У виливках із сірого чавуну рідше, ніж у сталевих або у виливках із білого чавуну, утворюються усадкові раковини, тріщини.

Факультативний хімічний склад та регламентовані механічні властивості чавунів всіх марок у виливках наведено в (табл. 1.1).

Окремого ГОСТу на білий, тобто без жодного графітного або половинчастого вкраплення із змішаною графіто-цементитною евтектикою, чавунів не існує. Низька міцність і висока твердість крихкого цементиту настільки послабляє білий чавун, що виливки з нього іноді розпадаються на шматки вже на вибивній решітці. Білий чавун не обробляється різанням і має обмежене самостійне застосування. При вуглецевому еквіваленті 2,8...3,0 %, а також низькому, менше 1,2 %, вмісту кремнію чавун навіть у масивних перерізах кристалізується частково або повністю з вибілення.

Таблиця 1.1 – Середньоарифметичний (розрахунковий) хімічний склад та механічні властивості різних марок нелегованих чавунів для виливків

Марка чавуну	Хімічний склад, %					Механічні властивості			
	Середньо-арифметичний			не більше		не менше			діапазон
	C	Si	Mn	P	S	σ_B , МПа	$\sigma_{0,5}$, МПа	δ , %	НВ
ДСТУ EN 1561:2010									
СЧ 10	3,60	2,40	0,65	0,30	0,15	98	-	-	143...229
СЧ 15	3,60	2,20	0,65	0,20	0,15	147	-	-	163...229
СЧ 20	6,40	1,90	0,85	0,20	0,15	196	-	-	170...241
СЧ 25	3,30	1,80	0,85	0,20	0,15	245	-	-	180...250
СЧ 30	3,10	1,60	0,85	0,20	0,12	294	-	-	181...255
СЧ 35	2,95	1,35	0,85	0,20	0,12	343	-	-	197...269
ДСТУ 3925-99									
ВЧ 350-22	3,25	2,25	0,40	0,10	0,02	350	230	22,0	140...170
ВЧ 400-15	3,55	2,25	0,40	0,10	0,02	400	260	15,0	140...202
ВЧ 420-12	3,55	2,40	0,40	0,10	0,02	420	270	12,5	140...217
ВЧ 450-10	3,55	2,40	0,40	0,10	0,02	450	320	10,0	140...225
ВЧ 450-5	3,60	2,40	0,40	0,10	0,02	450	310	5,0	160...220
ВЧ 500-7	3,30	2,40	0,45	0,10	0,02	500	340	7,0	153...245
ВЧ 500-2	3,40	2,40	0,55	0,10	0,02	500	390	2,0	180...260
ВЧ 600-3	3,40	2,40	0,55	0,10	0,01	600	390	3,0	192...277
ВЧ 700-2	3,40	2,40	0,70	0,10	0,01	700	420	2,0	228...302
ВЧ 800-2	3,40	2,40	0,70	0,10	0,01	800	490	2,0	248...351
ВЧ 900-2	3,40	2,40	0,75	0,10	0,01	900	600	2,0	280...360
ВЧ 1000-2	3,40	2,55	0,75	0,10	0,01	1000	700	2,0	270...360

Евтектичний цементит різко підвищує твердість, збільшує зносостійкість сплаву, що і визначає область застосування вибіленого чавуну – залізнодорожні колеса, прокатні валки і деякі інші зносостійкі виливки. Причому спеціальними технологічними прийомами (місцеві холодильники, чавуну виливанням рідкого залишку) досягають виділення не всього чавунного виливка, а лише його локальної поверхні, яка при експлуатації підлягає інтенсивному зношуванню. Зв'язок поверхневого вибіленого шару з невибіленою серцевиною забезпечує перехід-

ний шар із половинчастого чавуну. У чавун доменної плавки з високим вуглецевим еквівалентом $CE = 4,3...4,4$, який іноді використовують для лиття прокатних валків, для стабілізації цементиту додають до 2,5% хрому, а інколи і нікель з молібденом [7-11].

Висока лінійна усадка білого чавуну, яка дорівнює 1,6...2,0%, призводить до утворення у з'єднаннях товстого і тонкого перерізу стінок виливка гарячих і холодних тріщин, а висока об'ємна усадка, яка дорівнює 3...5 %, збільшує схильність виливків до поруватості та кристалізації з поверхневими утяжинами і великими усадковими раковинами.

Для повного вибілення додатком у чавунну шихту сталевого брухту вуглецевий еквівалент ковкого чавуну зменшують до 3,3 % і нижче, а вміст графітизувального кремнію знижують до мінімуму 0,7%. За таким вуглецевим еквівалентом температурний інтервал твердіння підвищуються приблизно до 1250 °C, що суттєво погіршує ливарні властивості сплаву. Білий чавун кристалізується з великою усадковою раковиною і розосередженою поруватістю, для запобігання якої навіть відносно дрібні виливки проектують з закритими надливами, живильник великого перерізу підводять до найтовстішого перерізу стінки, а перед живильником встановлюють промивну бобишку, яка одночасно є і додатковим закритим надливом.

Для запобігання графітізуванню чавуну у товстих перерізах, товщину стінок обмежують до 12 мм, а масу виливків до 25 кг. Металеві кокілі з підвищеною швидкістю охолодження для кращого вибілення литва не застосовують. Висока лінійна усадка білого чавуну 1,6...2,3 %, його крихкість при гальмуванні усадки металевими виступами кокіля призводять до руйнування виливка гарячими та холодними тріщинами. Завдяки підвищеній температурі ліквідус та низької рідкотекучості чавун перегрівають перед розливанням до 1420...1450 °C. Це можливо зробити лише в електричних печах або, якщо вагранковий чавун додатково перегрівати у дугових або індукційних печах (дуплекс-процес). При цьому додатково підвищується обсяг усадкових раковин, які досягають 5...7% від маси виливка. Вміст фосфору у білому чавуні обмежують до 0,18 %, сірки до 0,20%.

Вміст хрому, який стабілізує карбіди заліза, що затягує час термічного оброблення, обмежують до 0,08 %, а марганцю до 0,2...0,6% для феритного і до 0,3...1,0% для перлітного ковкого чавунів.

Високоміцний чавун з кулястим графітом: висока міцність, пластичність та в'язкість чавуну досягається, якщо весь графіт у його структурі, без жодного пластинчастого включення, має пластівчасту або кулясту форму.

Вуглецевий еквівалент високоміцного чавуну близький до евтектичного значення 4,26. Завдяки цьому після модифікування магнієм або магнієвими лігатурами, повне сфероїдизування та графітизування вуглецю забезпечується у литому стані (без цементиту ледебуриту), ливарні властивості високоміцного чавуну (за винятком об'ємної усадки) такі ж високі, як і в низьких марках евтектичного сірого чавуну. За наявності вибілення ливарні властивості сплаву погіршуються [8, 18, 19, 20, 22].

Кульки графіту діаметром 0,01...0,08 мм не утворюють суттєвих концентраторів напружень у металевій матриці і лише на 8...10% послаблюють її ефективний переріз. Більше того, зміна розміру або кількості таких кульок у реальних виливках майже не змінює механічні властивості сплаву. Тому за механічними властивостями чавун із ступенем сфероїдизування графіту близьким до 100 %, впритул наближуються до вуглецевих та низьколегованих сталей із еквівалентною металевою матрицею.

Оскільки кількість кулястого графіту суттєво не впливає на механічні властивості, кількість вуглею підвищують до 3,6...3,9%, аби довести вуглецевий еквівалент чавуну до евтектичного значення 4,3...4,4% і одержати рідкий метал з найкращими ливарними властивостями. Більший вміст вуглецю може привести до флотації графітової спелі у масивних перерізах виливків.

Підвищення вмісту кремнію сприяє усуненню вибілення і підвищенню частки фериту у металевій матриці чавуну. Кремній зміцнює ферит розчинним легуванням, одночасно дещо знижуючи його пластичність, а при вмісті більше 2,7...2,8% ферит стає крихким. Беручи до уваги, що 1,0...1,2% кремнію додається під час модифікування, його вміст у базовому рідкому металі обмежують 1,3...1,6%, а у металі виливків до 2,4...2,6%.

Сумісний вплив вуглецю і кремнію на властивості магнієвого чавуну у перерізах 20...40 мм прогнозують за номограмами.

Марганець стабілізує перліт у товстих перерізах виливків. Тому при одержанні феритних високоміцних чавунів вміст марганцю обмежують до 0,4%, а перлітних – підвищують до 0,8...1,0%.

Сірка є головним елементом, що перешкоджає сфероїдизуванню графіту в магнієвому чавуні. Магній, що додається у чавун, замість виконання функції сфероїдизатора, об'єднують із сіркою у сульфід MgS . Сульфіди коагулюють у масивні перерізи вилівка і разом з графітом утворюють великі неметалеві вкраплення "чорного кольору". Такі "чорні плями" різко знижують механічні властивості чавуну. Чим вищий вміст сірки у базовому сплаві, тим більше магнію треба додавати у рідкий метал для сфероїдизування графіту, тим більший піроефект, димовиділення та бурхливість реакції, тим нижче засвоєння магнію чавуном. Вже за 0,03% сірки знижується стабільність результатів модифікування. Для максимального зниження вмісту сірки до 0,005...0,012% базовий розплав треба десульфурувати вапняком з ливарним карбідом кальцію у печі з основною футерівкою, або використовувати в шихті дорогі первинні доменні чавуни, рафіновані магнієм марок ЛР1...ЛР7, без її забруднення високосірчанним вагранковим чавунним брухтом.

У тонкостінних перерізах виливків із розплаву чавуну з базовим вмістом сірки не більш 0,03 % для повного сфероїдизування графіту достатньо 0,03 % залишкового вмісту магнію. У масивних перерізах цей вміст треба підвищувати до 0,04...0,06 %.

Вуглецевий еквівалент всіх марок високоміцного чавуну підтримують на рівні евтектичного значення 4,2...4,4 %. Рафінування рідкого сплаву магнієм додатково покращує ливарні властивості високоміцного чавуну, які наближені до властивостей евтектичних сірих чавунів марок СЧ10 та СЧ15. Виключення складає об'ємна усадка, яка у магнієвому чавуні така ж висока, як і у сталі 2...3%. Тому масивні перерізи та теплові вузли виливків конструюють з надливами. Навіть відносно тонкі стінки з вибіленого магнієвого чавуну іноді кристалізуються з усадковою поруватістю у центрі. Під впливом атмосферного тиску такі стінки прогинаються у напрямку вакуумованої поруватості, утворюючи бокові утяжини.

Боротись з такими утяжинами доводиться зовнішніми холодильниками та більш ефективним графітизувальним модифікуванням рідкого металу.

ДСТУ 3925-99 передбачає 12 марок високоміцного чавуну з кулястим графітом (див. табл. 1.1).

Співвідношення міцності і пластичності чавуну з кулястим графітом, тобто його марку, регулюють співвідношенням фериту і продуктів розпаду аустеніту в металевій матриці. Високоміцний чавун із тимчасовим опором при розриванні до 460 МПа має феритну металеву матрицю, 460...590 МПа – має ферито-перлітну, 590...650 МПа – перлітну, 650...790 МПа – сорбітну, 790...890 МПа – троститну, 890...1000 МПа та більше – бейнітну структуру металевої матриці або структуру мартенситу відпуску.

Феритну, ферито-перлітну чи перлітну матрицю у чавуні з кулястим графітом без вибілення, тобто перші вісім марок ВЧ350-22...ВЧ600-3, іноді отримують у литому стані регулюванням хімічного складу та швидкості охолодження виливків. Більш стабільно будь яку металеву матрицю одержують відповідним режимом термічного оброблення виливків.

Із феритного, ферито-перлітного та перлітного чавуну виготовляють всі виливки, які раніше виготовляли з низько- та середньовуглецевих марок нелегованої та низьколегованої сталі, ковкого чавуну та високоміцних марок чавуну.

Отже, з розглянутого, вище можна скласти порівняльну таблицю 1.2.

Таблиця 1.2 – Порівняння механічних і ливарних властивостей сірого, білого й високоміцного чавунів

Властивості	Матеріал		
	Сірий чавун	Білий чавун	Високоміцний чавун
1	2	3	4
Межа міцності при розтяганні, σ_B МПа	120...380	150...250	350...1000
Подовження, $\delta\%$	До 0,5	---	2,0...22,0
Межа міцності при вигині, σ_i МПа	280...600	450...700	700...1100

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4
Стріла прогину, мм	2...3	1,5...2,3	3,5...30
Ударна в'язкість, КС кДж/м ²	До 0,5	---	1,5...3,0
Твердість по Бринеллю, НВ	143...269	400...600	140...360
Лінійна усадка, %	0,8...1,2	1,2...2,0	0,8...1,4
Схильність до утворення усадочних раковин	Низька	Більша ніж у сірого чавуну	Більша ніж у сірого чавуну
Рідкоплинність	Задовільна	Задовільна	Задовільна

1.3 Модифікування чавуну у реакційній камері ливарної форми.

Розвитком технології внутрішньоформового модифікування став метод комплексного сфероїдизувального і графітизувального модифікування рідкого чавуну безпосередньо у реакційній камері ливникової системи форми – так званий "Inmold-process". Розроблений і запатентований науковими співробітниками компанії Mechanit Corp. у 1969...1971 роках. [13-18], "Inmold-process" вперше у світовій ливарній практиці був впроваджений у масове виробництво литих колінчастих і кулачкових валів, задніх мостів і картерів диференціалу у новозбудованому ливарному цеху автомобільного концерну FIAT у 1973 році [23].

У нашій країні перші публікації за результатами дослідження технологічного процесу сфероїдизувального модифікування чавуну у ливарній формі [38], авторське свідоцтво на винахід [41] та загальнодоступні відомості про впровадження цього процесу у виробництво [40, 42] з'явилися у 1975...1977 роках. У подальшому зацікавленість вітчизняних дослідників і виробників до такого способу модифікування чавуну не зменшувалася [43-89], що обумовлено комплексом його переваг по відношенню до традиційних ковшових методів сфероїдизувального модифікування чавуну магнієм або магнієвими лігатурами.

Модифікування у формі полягає в тому, що тонко подрібнену лігатуру або суміш поміщають у розташовану під живильником реакційну камеру. При певному сполученні температури й швидкості заливання чавуну модифікатор розчиниться потоком металу, що рухається та заповнює форму. Реакція відбувається без прямого контакту з повітрям, піроефект відсутній. Для запобігання влучення неметалевих вкраплень між реакційною камерою й виливком установлюють відцентровий шлаковловлювач.

Внутрішньоформеного модифікування (ВФМ) (Інмолд-процес) має ряд економічних і технологічних переваг у порівнянні з іншими методами одержання чавуну з кулястим графітом, основними з яких є: відсутність димовиділення; високий ступінь засвоєння магнію, що досягає 80...90%; максимальний ефект зародкоутворювання й високий ступінь графітизації; можливість повернення в піч невикористаного вихідного чавуну; більш низька температура металу в печі; придатність для повної автоматизації; більш високі фізико-механічні властивості ВЧКГ; можливість виключення термооброблення та короткий виробничий цикл одержання ВЧКГ. Крім того, під час заповнення форми вихідним розплавом і розчинення модифікатора потоком розплаву відбуваються одночасно, та забезпечується одержання виливків за більш короткий час і з меншими енерговитратами.

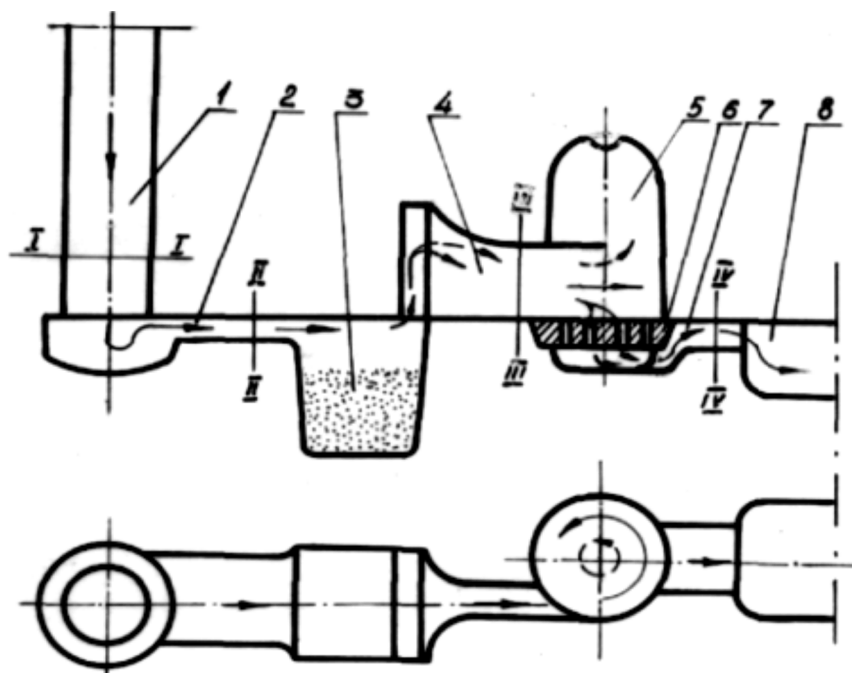
Модифікування у формі найбільш перспективне для цехів масового виробництва, обладнаних електропечами й автоматичними формувальними лініями (АФЛ).

Недоліками процесу внутрішньоформеного модифікування є необхідність використання низькосірчаного чавуну, зменшення виходу придатного литва, небезпека забруднення виливків неметалевими вкрапленнями. Крім того, для одержання стабільних результатів необхідне використання лігатури високої якості зі стабільним вмістом Mg і фракцією 0,5...5 мм.

Ливникова система для модифікування чавуну у ливарній формі повинна забезпечувати, по-перше, рівномірне і повне розчинення розрахункової кількості модифікатору в чавуні за час заливання форми і, по-друге, затримування часток продуктів реакції модифікування у ливниковій системі до кінця заливання форми.

Ливникова система для комплексного сфероїдизувального і графітізувального модифікування чавуну у ливарній формі складається (див. рис. 1.9) із стояка 1, вхідного 2 і вихідного 4 ливникових ходів реакційної камери з подрібненим модифікатором 3, відцентрового шлаковловлювача 5, фільтрувальною сіткою 6, живильника 7.

Для запобігання втягування повітря в реакційну камеру ливникова система повинна бути замкнутою при співвідношенні перерізів стояку, вхідного та вихідного каналу реакційної камери та живильника (рис. 1.9) 1,3: 1,3: 1,2:1,0 [21].



1 – стояк; 2,4 – ливникові ходи; 3 – реакційна камера з модифікатором;
5 – шлаковловлювач; 6 – фільтрувальна сітка; 7 – живильник; 8 – виливок

Рисунок 1.9 – Типова конструкція ливникової системи з реакційною камерою для модифікування чавуну у ливарній формі

Циркуляцію рідкого металу в камері інтенсифікують, розташовуючи вихідний ливниковий хід під кутом до вхідного. Для примусового затримування перших порцій металу в реакційній камері площу перерізу вихідного ливникового ходу зменшують у порівнянні з перерізом вхідного на 10...12%, виконуючи його у верхній напівформі. В одній формі може бути кілька реакційних камер. Дві камери іноді компактніше, ніж одна, та застосовуються для симетричних виливків з відповідними симетричними елементами ливникової системи або при заливанні форми через два стояки.

Між верхнім прошарком модифікатору та верхньою площиною реакційної камери повинен бути вільний простір для проходження перших порцій чавуну, тому розрахунковий обсяг камери трохи збільшують відносно обсягу її компонентів модифікатора.

Після розчинення модифікатору реакційна камера, яка розташована у нижній напівформі, заповнюється чавуном, тому надмірне збільшення її обсягу призводить до зменшення виходу придатного литва. Під час заливання у реакційній камері створюється збитковий тиск парів магнію з відповідними порожнинами. Для запобігання ймовірності компенсації таких порожнин металом з верхньої робочої частини вилівка наприкінці заливання між реакційною камерою 3 і вихідним ливниковим ходом 4 у верхній напівформі розміщують шлаковловлюючий надлив трапецеїдального перерізу (рис. 1.9). Такий надлив одночасно дещо демпфує гідравлічну турбулентність металу на виході з камери під час заливання форми [21].

Вертикальні перерізи реакційної камери, паралельні і перпендикулярні потоку чавуну, мають форму прямокутників з необхідними формувальними ухиленнями. Майже незмінна за глибиною прямокутна площа горизонтального перерізу реакційної камери, тобто площа контакту рідкого металу з черговим прошарком модифікатору забезпечує відносно рівномірне насичення чавуну магнієм і кремнієм. Незважаючи на те, що в цьому випадку відзначається набагато більше виділення парів магнію, значна турбулентність і пульсування струменя металу на виході ливникової системи, у порівнянні з трикутною, напівсферичною чи сегментною формами вертикальних перерізів [43, 44, 48, 53, 70, 77, 81], загальноприйнята у промисловості форма реакційної камери кубічна або наближена до кубу призматична.

Для комплексного сфероїдизувального і графітизувального модифікування чавуну у ливарній формі в умовах масового виробництва виливків на автоматизованих лініях використовують гранульований феросиліцій-магнієвий модифікатор типу "Procalloy" з розміром часток 3...5 мм. Модифікатор вміщує 6...8% магнію, 45...55% кремнію, до 0,3% РЗМ і у залишку до 100% – залізо. При завантаженні у реакційну камеру у кількості $0,8 \pm 0,1\%$ від маси вилівка та оптимальній температурі і швидкості проходженні рідкого металу крізь камеру,

такий модифікатор забезпечує повне сфероїдизування графіту і відсутність евтектичного цементиту у попередньо рафінованому від сірки до 0,010...0,012% S чавуні [21].

Модифікатор, який додають у реакційну камеру, повинен мати оптимальний гранулометричний склад. Вказано, що засвоєння феросиліцій-магнієвого (4% магнію) сплаву із розміром часток 3...5 мм при модифікуванні у формі складає 85...95%, а засвоєння із розміром часток 0,5...3,0 мм та 15...20 мм відповідно 40 і 50% [23]. Відзначають, що заливання форм із модифікатором, який має розмір часток 6...12 мм відбувається спокійніше, ніж з розміром часток 12...25мм для модифікування чавуну у ливарній формі розмір часток має складати 3...5мм.

Втрати магнію при модифікуванні чавуну у формі незначні. Тому ступінь засвоєння магнію близька до 80%. Вказується на принципову можливість повного засвоєння магнію, однак для гарантії розрахункове значення ступеня засвоєння магнію приймають рівним 80%. При такому засвоєнні магнію кількість модифікатору, який додають у чавун, у два і навіть у три рази менше, ніж витрата модифікатора при ковшових методах модифікування. У лабораторних умовах позитивні результати отримані при додаванні у реакційну камеру 0,2% нікель-магнієвої лігатури і 0,6% сплаву "Procalloy 16". В умовах багатосерійного виробництва при вмісті сірки у вихідному чавуні до 0,01% витрати феросиліцій-магнієвих модифікаторів складають 0,7...0,8% від маси чавуну, який модифікують [20-24].

Установлено також, що для феросиліцій-магнієвих (5...6%Mg) сплавів коливання температури заливання в межах 1380...1460°C помітно не впливає на кінетику розчинення присадок. Але при температурі нижче 1380°C у перших порціях чавуну, який модифікують, графіт має пластинчасту форму. Сплав "Procalloy 16" не розчиняється при температурі заливання чавуну 1350 °C і нижче. Для нього припустимий діапазон коливань температури заливання складає 1365... 1450°C, а в умовах масового виробництва 1380...1420 °C [20-24].

Взаємодія модифікатору з чавуном у реакційній камері являє собою надзвичайно складний комплексний хімічний, теплофізичний і гідродинамічний процес із постійною зміною параметрів твердої, рідкої і газоподібної фаз. Встановити всеосяжну адекватну математичну модель такого процесу на сучасному

рівні наукових знань дуже проблематично. Фрагменти такої майбутньої математичної моделі, запропоновані деякими дослідниками "Inmold"-процесу, адекватні лише для вузьких діапазонів коливань рівнів окремих технологічних факторів, які впливають на процес розчинення (розплавлення) модифікатору у потоці рідкого чавуну [5].

Розрахункова кількість модифікатору, завантаженого в реакційну камеру, повинно рівномірно і повністю розчинитися у потоці рідкого чавуну за час заливання форми, тобто час реакції модифікування повинен дорівнювати тривалості заливання форми.

На підставі складеного рівняння теплового балансу між модифікатором і рідким металом, виведене наступне рівняння досліджуваного процесу модифікування [19]:

$$T_p = T_{\text{зал}} = \frac{Q_{\text{вил}}}{M g_{\text{мод}}} \left(B - \frac{C}{t_{\text{зал}}} \right)^n, \quad (1.1.)$$

де T_p — час реакції модифікування, с;

$T_{\text{зал}}$ — тривалість заливання форми, с;

$Q_{\text{вил}}$ — маса чавуну вилівка, кг;

$t_{\text{зал}}$ — температура чавуну при заливанні форми, °С;

m, n, B, C — безрозмірні перемінні коефіцієнти та показники ступеню.

Чисельні значення невідомих перемінних m, n, B і C у формулі (1.1) в свій час було рекомендовано [19] визначити експериментально, але й досі ці значення не встановлені. В наслідок чисельних експериментальних випробувань встановлено [14], що існує жорстка фізична залежність між оптимальною швидкістю чавуну при заливанні форми і оптимальною площиною горизонтального перерізу реакційної камери. Вважають, що основним параметром, що визначає кінетику розчинення модифікатора, який модифікує потік рідкого чавуну, є так званий фактор розчинності сплаву (ФРС). Цей фактор підраховують, як відношення швидкості заливання форми до площини горизонтального перерізу реакційної камери, тобто площини контакту металу з модифікатором:

$$\Phi PC = V_{\text{зал}} / F_{\text{р.к}}, \quad (1.2)$$

де ΦPC – фактор розчинності сплаву, $\text{кг} / \text{с} \cdot \text{см}^2$;

$V_{\text{зал}}$ – швидкість заливання форми, $\text{кг} / \text{с}$;

$F_{\text{р.к}}$ – площа горизонтального перерізу реакційної камери, см^2 .

При температурі заливання $1400 \pm 10^\circ\text{C}$ оптимальне значення фактору розчинності сплаву "Procalloy 16" дорівнює $0,05 \dots 0,07 \text{ кг/с} \cdot \text{см}^2$ [14]. При більш високих значеннях ΦPC частина модифікатору не встигає розчинитися в чавуні за час заливання форми. При менших значеннях ΦPC розрахункова кількість лігатури, яка дорівнює $0,7 \dots 0,8\%$ від маси металу, розчиняється раніш, ніж форма заповнюється чавуном. При цьому можливі викиди металу із стояку під впливом тиску парів магнію в реакційній камері.

Слід зауважити, що оптимізація "Inmold"-процесу за фактором розчинності сплаву ΦPC (1.2) має рацію, якщо припустити, що модифікатор розчиняється у ламінарному потоці чавуну пошарово від верхнього до нижнього за розташуванням у камері шару. Але існує припущення, підтверджене практикою, що пари магнію барботують і механічно перемішують чавун з модифікатором у реакційній камері. При цьому значна частина модифікатору контактує з рідким металом за всім вільним обсягом реакційної камери і тоді формула (1.2) повинна була б враховувати тримірний обсяг камери, а не лише площину її горизонтального перерізу.

За відсутністю адекватної математичної моделі, розрахунок основних параметрів процесу сфероїдизувального модифікування чавуну у ливарній формі виконують емпірично. Такий розрахунок для кожної конкретної маси рідкого металу та вмісту в ньому сірки зводиться до визначення необхідної маси і об'єму модифікатору, об'єм і площа горизонтального перерізу реакційної камери, а через експериментально встановлене оптимальне значення фактору розчинності ΦPC конкретного типу модифікатору та визначення необхідної швидкості чавуну при заливанні форми. Необхідну швидкість заливання забезпечують підбором сумарної площі перерізу живильників за загальноприйнятою методикою. Аналогічно розраховують площі перерізів інших елементів ливникової системи з урахуванням рекомендацій, викладених вище.

Отже, на відміну від відносно універсальних, що до номенклатури виливків ковшових методів модифікування, метод модифікування чавуну у реакційній камері потребує індивідуального конструктивно-технологічного відпрацювання майже для кожного виливка або комплекту виливків у загальній ливарній формі.

У вітчизняній ливарній практиці дослідження та впровадження у виробництво технології комплексного сфероїдизувального та графітизувального модифікування чавуну у ливарній формі відбувається за двома різними методичними напрямками.

За першим напрямком у якості комплексного модифікатору використовували імпортований гранульований сплав типу Procalloy з точним урахуванням всіх конструктивно-технологічних рекомендацій розробників "Inmold"-процесу [14-24] викладених вище. Це дозволило за відносно короткий термін успішно впровадити "Inmold"-процес для масового виробництва здебільшого автотракторних виливків з високоміцного чавуну на автоматичних формувальних лініях типу "SPO" [23,67,74], в тому числі на лініях безопорного формування типу "DISA" з вертикальною площиною рознімання [83, 84]. Не зважаючи на те, що значно пізніше було розпочато виробництво вітчизняних аналогів комплексних модифікаторів типу ФСМ7, окремі підприємства продовжували віддавати перевагу імпортним модифікаторам типу Procalloy або VL6.

В індивідуальному виробництві технологія успішно випробувана при виготовленні холодильного сегмента вагою 2540 кг, махового колеса вагою 750 кг, а також більш дрібних виливків [21]. Вперше в Україні технологічний процес сфероїдизувального модифікування чавунного потоку у реакційній камері впроваджено у 1975 році на Київському судномеханічному заводі №37 при серійному виробництві маслот великого діаметру для ущільнювальних кінець дизель-компресорів підводних човнів [42].

За другим напрямком в якості комплексних модифікаторів використовували існуючі на той час вітчизняні феросилікокальцій-магнієві лігатури типу ЖКМК. Одразу було помічено, що при модифікуванні чавуну таким комплексним модифікатором, наприклад, ЖКМЕ2 (5,57% магнію: 15,7% кальцію), останній завдяки високому вмісту кальцію шлакуються, що призводить до зниження

ефективності і стабільності процесу [38]. Для інтенсифікації взаємодії з металом було запропоновано велику кількість конструктивно-технологічних вдосконалень "Inmold"-процесу. Замість кубічної пропонували використовувати циліндричну, напівсферичну, форми трапецеїдальну та інші форми реакційної камери з тенденційним підведенням металу або з її розташуванням безпосередньо під стояком [43, 44, 48, 53, 70, 77, 81]. При цьому встановили, що повне засвоєння модифікатору, яке б дорівнювало 100%, відбувається в тому випадку, коли обсяг камери в чотири рази більше обсягу присадки. При заповненні камери на 80% засвоєння модифікатору складає 65%, а при заповненні на 100% засвоєння модифікатору знижується до 50%. Для початкового затримання чавуну у камері запропонували у вихідний ливниковий хід встановлювати пінополістиролову заглушку, яка зруйнувалась при контакті з розплавом. Якщо розміри модельно-опочної оснастки не дозволяють вписати реакційну камеру за площиною рознімання форми, нижні конструктивні елементи та саму камеру, запропоновано виготовляти у збільшеній за розміром ливниковій чаші, використовуючи додатковий стрижень, який виконує конструктивні функції верхньої напівформи. Якщо переробка існуючої модельного оснащення неможлива чи недоцільна, ливникову систему з реакційною камерою виготовляють у вигляді окремої зборки з вогнетривких стрижнів у металевому жакеті. Таку своєрідну нарощалку з модифікатором розміщують над стояком форми. Для виливків підвищеної маси запропоновано метод завантаження модифікатора в дві послідовно розташовані реакційні камери. Найближча до стояку камера прикривається сталевією пластинкою, товщина якої підбирається таким чином, щоб її розплавлення в потоці рідкого металу закінчувалося до моменту повного розчинення компонентів лігатури в другій камері. Потім чавун модифікується лігатурою, розташованій у першій камері. Наведена методика розрахунку параметрів процесу модифікування чавуну у двох послідовно розміщених реакційних камерах [38-46].

Замість однорідного гранульованого сплаву у реакційну камеру запропоновано додавати його механічну суміш із флюсом, пінополістиролом, рідким склом та іншими компонентами і, нарешті, механічну суміш окремих компонентів сплаву: гранульований магній з феросиліцієм і флюсом або без флюсу. Вка-

зуються, що при використанні в якості сфероїдизатора механічної суміші металевого магнію (5...8%) з феросиліцієм (92...95%) забезпечується таке ж засвоєння магнію в розплаві, як і при додаванні відповідних лігатур. Однак на поверхні виливків спостерігаються оксидні плівки. Були навіть спроби додавати у камеру самий гранульований магній, проте встановлено, що для одержання чавуну з залишковим вмістом магнію на рівні 0,03...0,05%, який забезпечує сфероїдизування графіту, вміст магнію в модифікаторі повинне бути в межах 5...15%. При використанні лігатур з вмістом магнію менш 5% у мікроструктурі чавуну з'являється пластинчастий графіт. При застосуванні лігатур з підвищеним вмістом магнію тиск його парів у реакційній камері може привести до часткового руйнування форми, зворотних виплесків рідкого металу із ливникової чаші і одержанню дефектних виливків [46-50].

Позитивні результати модифікування чавуну у ливарній формі досягнуті при використанні феросиліцій-магнієвого модифікатору, феросилікокальцій-магнієвого комплексного модифікатору, нікель-магнієвої і силікобарій-магнієвої лігатур. Вказано, що сплав, який містить 7...8% олова, сприяє гомогенізації механічних властивостей чавуну в різних за товщиною перерізах виливка [51-82].

Отже, у вітчизняних дослідженнях процесу модифікування чавуну у ливарній формі були випробувані майже всі сплави і механічні суміші, які використовували для модифікування чавуну в ковші. При цьому вплив хімічного складу сфероїдизувальних додатків якості на виливків із високоміцного чавуну, модифікованого у ливарній формі, зокрема на ступінь поразки металу продуктами реакції модифікування, хоча і досліджували, але у недостатньому для виробничої практики обсязі. Не встановлений максимальний термін зберігання подрібненого модифікатору у вологій атмосфері, зокрема у реакційній камері сирі ливарної форми. Невідомо, чи є на поверхні часток імпортованих модифікаторів захисне антикорозійне покриття, нанесене хімічним або хіміко-термічним методом. Тому питання про оптимальний склад компонентів реакційної камери для модифікування чавуну довгий час залишалось відкритим.

На сьогодні вже не викликає сумніву апріорна аксіома, що ідеальний комплекс реакційної камери повинен вміщувати таку кількість необхідних сфероїдизувальних і графітизувальних елементів, яка б разом з іншими допоміжними

елементами стовідсотково розчинялась у потоці чавуну без утворення шкідливих баластних твердих, рідких та газоподібних продуктів реакції модифікування. Можливо саме феросиліцій-магнієвий сплав типу Procalloy за хімічним складом найбільш наближений до ідеального модифікатору.

Великий обсяг інформації, що до "Inmold"-процесу відноситься не стільки до технологічних особливостей даного методу, скільки до його перевагу порівнянні з ковшовими методом модифікування. Відмічають, зокрема, що у чавуну, який модифікували у ливарній формі, спостерігається підвищена кількість центрів графітизації і відсутність структурно-вільного цементиту в мікроструктурі, навіть при низькому вмісті кремнію. Відзначається, що у чавуні, обробленому у формі, число вкраплень сферичного графіту приблизно в три рази більше, а їхній діаметр у чотири рази менший, ніж у чавуні, модифікованому у відкритому ковші. У перетинах до 6 мм евтектичний цементит відсутній, а в перерізах 100 мм не відзначено погіршення сфероїдизування форми графіту.

При однаковому хімічному складі і однаковій структурі металевої матриці механічні характеристики чавуну, модифікованого у формі, вище, ніж чавуну, модифікованого у ковші. Межа міцності при розриванні і міцність при стисненні у чавунів, модифікованих у формі, після нормалізації вище, ніж у чавунів, модифікованих у ковші і такі самі, як у загартованої і відпущеної сталі, що містить 0,4% вуглецю. Відносно подовження чавуну, модифікованого у формі, після феритизувального відпалу в два-три рази більше, ніж у чавуну, модифікованого автоклавом і на 20% більше, ніж у чавуну, модифікованому в ковші. Ударна в'язкість чавуну, модифікованого у формі, збільшується приблизно на 25% у порівнянні з чавуном, модифікованого у ковші.

Підвищення механічних властивостей пояснюють збільшенням кількості і ступеню диспергування графітових включень в структурі чавунів, модифікованих у формі. Завдяки диспергуванню розміру зерна, знижується температура переходу чавуну від крихкого руйнування до в'язкого, що стабілізує ударну в'язкість чавуну у виробках, які працюють в області низьких температур. Встановлено, що при зниженні температури випробувань від +20 до -75°C ударна в'язкість чавуну, модифікованого в ковші, знижується на 28%, а чавуну, модифікованому у ливарній формі, лише на 9% [14-32].

Загалом не виникає сумнівів, що впровадження у виробництво "Innmold"-процесу сприяє не тільки підвищенню ефективності технології одержання виливків з високоміцного чавуну, але і поліпшенню їхніх експлуатаційних характеристик.

До основних недоліків розглянутої технології безумовно треба віднести часткове зниження виходу придатного металу за рахунок додаткових елементів ливникової системи, а також підвищену ймовірність забруднення чавунних виливків продуктами реакції модифікування.

При обробленні рідкого чавуну магнієм і кремнієм у реакційній камері ливарної форми проміжок часу між додатком цих модифікаторів у сплав і початком кристалізації сплаву скорочується до мінімуму. За таких умов розширюються можливості експериментально-теоретичних досліджень кінетики графітизації і механізму формоутворення графіту в чавуні, які досі залишаються найбільш дискусійними питаннями ливарного металознавства.

Потрібно відмітити, що технологія модифікування чавуну у ливарній формі з точки зору розширення її функціональних можливостей, зокрема при виробництві біметалевих виливків. Якщо, наприклад, у одній реакційній камері реалізовувати сфероїдизувальне модифікування, а у іншій реакційній камері тієї самої форми – графітизувальне або карбідостабілізувальне модифікування, можна отримати біметалевий виливок з різнорідних типів чавуну (сірий, вибілений, високоміцний) у окремих локальних частинах форми [83]. Однак рекомендації, що до оптимального складу карбідостабілізувального компоненту реакційної камери для модифікування у ливарній формі схильного до графітизації сірого чавуну в технічній літературі відсутні. Можливе використання для карбідостабілізувального модифікування у реакційній камері ливарної форми модифікаторів, які використовуються при модифікуванні у ковші до них можна віднести ферохром, нікель-магнієву лігатуру, металевий магній.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

1. На практиці використовується ряд способів виготовлення двошарових виливків з диференційованою структурою та властивостями. Кожний з яких має переваги і недоліки та найбільш раціональну галузь їх застосування.

2. Загальними недоліками більшості способів виготовлення двошарових виливків є необхідність попереднього підготовленні (деталі) та виплавлення різних розплавів, що потребує двох плавильних агрегатів чи додаткового підготування твердої заготовки. Крім того реалізація такої технології у виробництві потребує чіткої синхронізації процесів виплавлення сплавів та їх заливання.

3. Промисловість використовує двошарові або біметалеві виливки з поєднанням в одній частині наприклад; легованого зносостійкого чавуну, а в іншій частині сірого чавуну, або сталь – алюміній. З аналізу літературних даних встановлено, що більш технічно і економічно виправданим, ефективним та, як наслідок, перспективним є поєднання у одній, двошаровій деталі зносостійкого білого чавуну з ударостійким в'язким високоміцним чавуном з кулястим графітом феритного класу тощо.

4. Усунення перелічених недоліків можливо при використанні позапічних методі оброблення розплавів, з яких найбільш розповсюдженими є процеси модифікування.

5. Серед представлених процесів модифікування розплаву одним з найбільш ефективних і економічно вигідних, простих та надійних на практиці виявився спосіб модифікування чавуну безпосередньо у ливарній формі, так званий "Inmould"-процес.

6. Однак в свою чергу цей спосіб модифікування не є універсальним способом. Практично для кожного типорозміру виливка і кожного комплексу модельної оснастки потрібно окремо розраховувати, сконструювати і виготовити самостійну ливникову систему з реакційною камерою та шлаковловлювачем і розробляти відповідну технологію форми в умовах конкретного ливарного підприємства. Також одним з недоліків "Inmold"-процесу є принципова можливість нерівномірного засвоєння елементів модифікаторів у потоці рідкого чавуну на різних етапах заливання форми. Отже модифікуванням чавуну у ливарній формі

при визначених умовах можливо виготовляти двошарові виливки з різнорідних чавунів.

7. Можливий такий варіант, як розділення вихідного базового сірого чавуну на два потоки із внутрішньоформовим модифікуванням одного з них карбідостабілізувальним, а іншого сфероїдизувальним модифікатором. В результаті очікується отримання вилівка із робочим шаром зносостійкого твердого білого чавуну та матричним шаром із ударостійкого феритного чавуну з кулястою формою графіту.

9. Однак реалізації такої ідеї перешкоджає можливість взаємного гідродинамічного перемішування різнорідних потоків чавунного розплаву у процесі заливання загальної ливарної форми, а також можливість дифузійного вирівнювання хімічного складу рідкого чавуну у процесі його охолодження.

10. Для запобігання протікання перелічених процесів необхідно розробити відповідні конструктивно-технологічні прийоми, які б могли забезпечувати диференціацію структури та властивостей різних частин вилівка. Одним з таких прийомів є використання розділової перегородки, яку встановлюють між різномодифікованими чавунами перед заливанням у порожнину ливарної форми. Відсутність у повній мірі таких досліджень дає підставу вважати тему дисертаційної роботи, присвячену розробленню технологічного процесу виготовлення двошарових виливків із модифікованих у ливарній формі чавунів та встановленню особливостей і закономірностей подібних технологічних процесів достатньо актуальною.

Мета і завдання дослідження. Метою даної роботи є розроблення технологічного процесу диференційованого модифікування рідкого чавуну у реакційних камерах ливникової системи ливарної форми різними за функціональним призначенням модифікаторами для виробництва виливків з твердим зносостійким поверхневим робочим шаром і м'якою, в'язкою ударостійкою матрицею.

Для досягнення поставленої мети сформульовані наступні завдання:

1. Провести аналіз номенклатури двошарових чавунних виливків, існуючих сучасних способів їх отримання та технологій модифікування розплавів чавуну;

2. Вибрати ефективні модифікатори для графітізувального та сфероїдизувального оброблення базового чавуну, кристалізація якого відбувається з вибіленням;

3. Виконати серію експериментальних лабораторних плавок для перевірки можливостей реалізації та дослідження особливостей запропонованого способу диференціації властивостей частин вилівка модифікуванням чавуну у ливарній формі та встановити практичну його цінність.

4. Дослідити процеси взаємодії різномодифікованих чавунів в порожнині ливарної форми і основні закономірності формування двошарових чавунних виливків із диференційованими структурами та властивостями.

2 ЗАГАЛЬНА МЕТОДИКА І ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Об'єкти дослідження

Об'єктом дослідження процесу розділеного модифікування одного із потоків чавуну в загальній ливниковій системі форми обрано виливки «Плита» із розміром $240 \times 240 \times 25$ мм та масою $10 \pm 0,2$ кг (рис. 2.1) та експериментальні зразки (рис. 2.2).

Підведення металу у ліву і праву частини порожнини форми за площиною розніму проводили крізь загальну ливникову систему, яка від стояка розходила на два симетричні потоки, з реакційною камерою розміром $40 \times 40 \times 40$ мм. Форма вентилювалась крізь два випори.

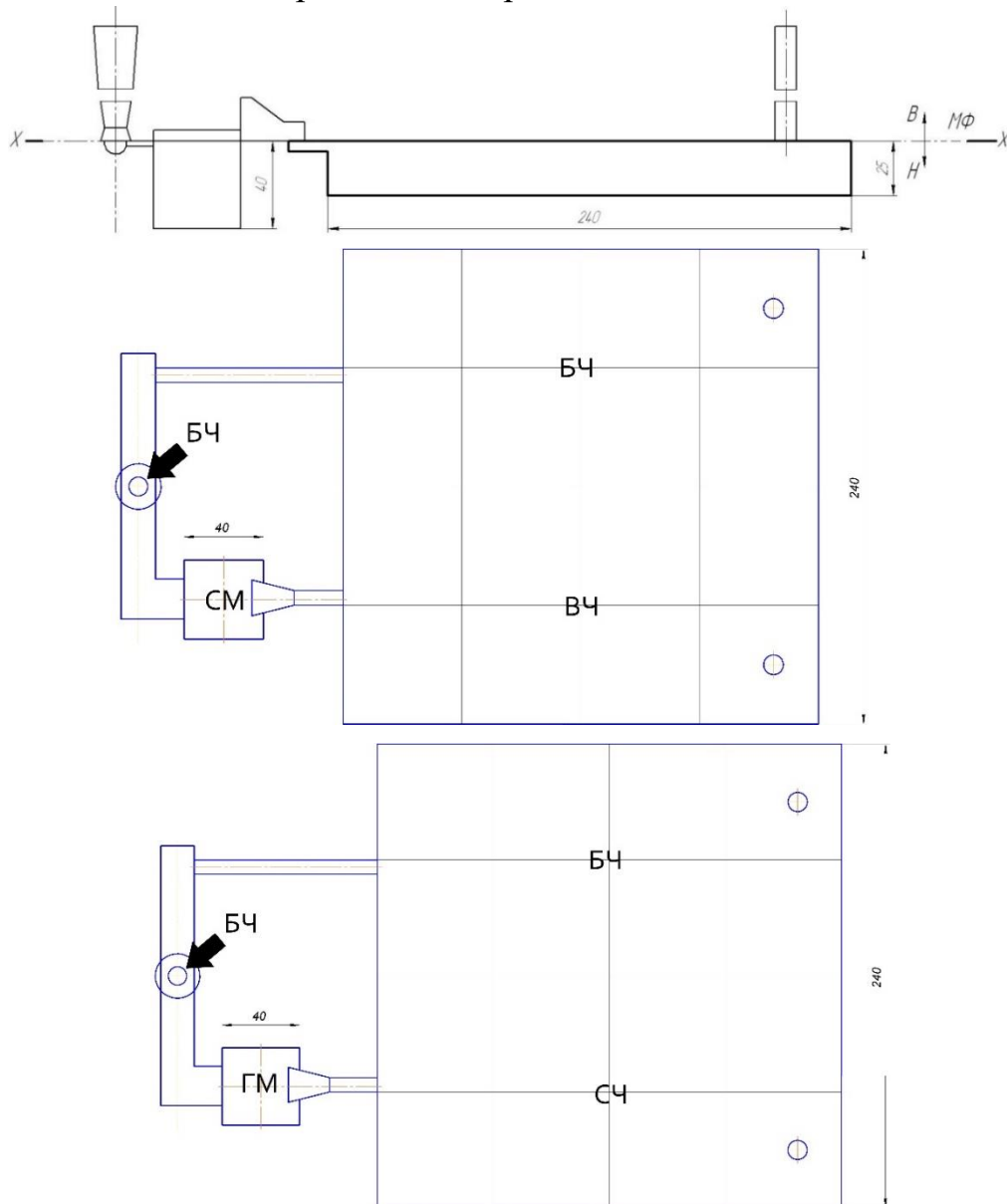


Рисунок 2.1 – Плита з ливниковою системою і реакційною камерою

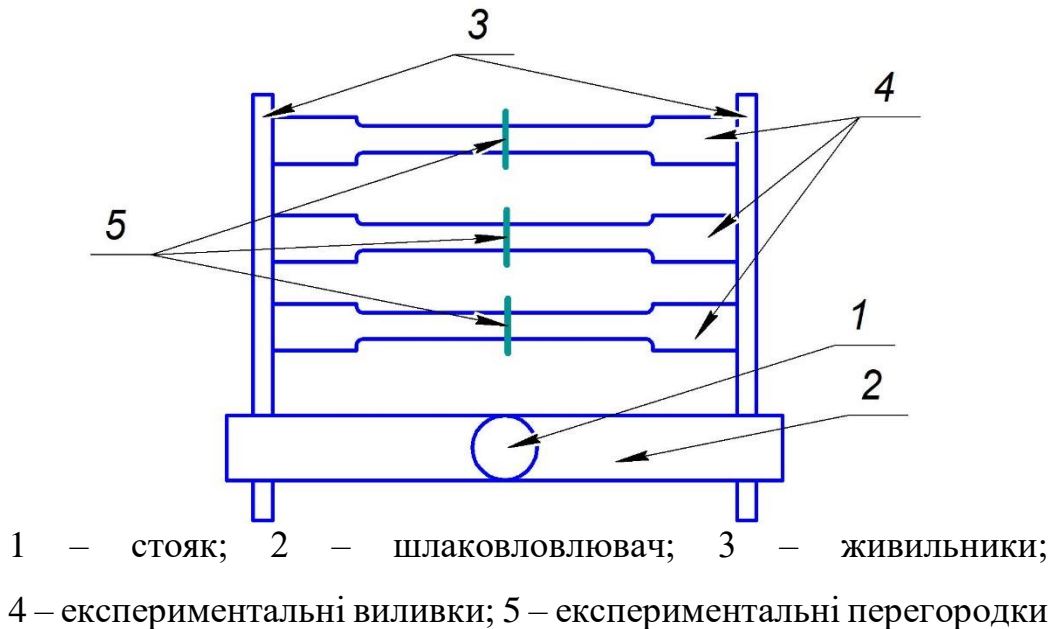


Рисунок 2.2 – Схема експериментальних зразків

2.2 Виплавляння вихідного білого чавунів

Вихідний чавуни, який кристалізується із вибіленням виплавляється в індукційній тигельній електропечі марки ІЧТ-006, ємністю 60 кг із кислою футерівкою.

В якості основних шихтових матеріалів для виплавлення металу в індукційній печі використовували: чавун марки ПЛ2, Сталь 3. Для доведення вибіленого чавуну за хімічним складом потрібно, використовували добавку у вигляді феросплаву ФМн75. Хімічний склад вихідних шихтових матеріалів наведено в (табл. 2.1).

Технологічний процес виплавляння в індукційній печі включав наступні операції: завантаження шихти, нагрівання і перегрівання металу, науглецьовування і доведення його за хімічним складом відповідно до вимог по обраній марки чавуну.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад шихтових матеріалів

Матеріал	Вміст елемента, %				
	C	Si	Mn	P	S
Чавун ПЛ2	4,3	0,7	0,7	0,12	0,015
Сталь 3	0,22	0,3	0,5	0,04	0,05
Електродний бій	95	-	-	0,05	0,00023
ФС75	0,3	75,2	-	-	-
ФМн75	7,0	2,0	75	-	-

Завантаження шихтових матеріалів проводилося в наступній послідовності: на початку завантажували чавун ПЛ2 та Сталь 3. Після нагрівання та розплавлення металу, щоб довести чавун за хімічним складом потрібно додати електродний бій та феросплави ФС75 та ФМн75.

Після доведення і перегрівання металу до температури $1470...1480 \pm 10$ °С вихідний чавун випускають у ручний ківш, попередньо підігрітий до температури 450...500 °С. Тривалість плавлення становила близько 1,0 години. Температуру чавуну перед заливанням форм контролювали вольфрам-ренієвою термопарою. Занурення проводиться із захисним кварцовим наконечником із реєстрацією цифровим мультиметром марки VC890C (рис.2.3).



Рисунок 2.3 – Цифровий мультиметр марки VC890C

Розрахунок шихтових матеріалів для виплавлення чавуну схильного до кристалізації з вибілення в індукційній печі представлений в (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Шихтова карта для виплавляння вихідного чавуну, схильного до кристалізації з вибіленням (розрахунок на 100 кг)

Матеріал	Вміст хімічних елементів, %.									
	C		Si		Mn		P		S	
	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг	%	кг
Вихідний чавун	3,0	3,0	0,5	0,5	0,8	0,8	0,1	0,1	0,02	0,02
Вигар	10	0,3	5,0	0,025	10	0,08	-	-	-	-
Шихта	3,3	3,3	0,503	0,525	0,88	0,88	0,1	0,1	0,02	0,02
Чавун ПЛ2,60%	4,3	2,58	0,7	0,42	0,7	0,42	0,12	0,072	0,02	0,012
Сталь 3, 40%	0,22	0,088	0,25	0,096	0,5	0,2	0,04	0,016	0,05	0,01
Всього внесено	-	2,7	-	0,516	-	0,62	-	0,088	-	0,022
Необхідно ввести	-	0,6	-	-	-	0,26	-	-	-	-
Електродний бій 0,63 %	95,0	0,59	-	-	-	-	-	-	0,05	0,0003
ФМн75, 0,35 %	7,0	0,024	2,0	0,007	75	0,26	-	-	-	-
Всього на металозавалку	-	3,32	-	0,523	-	0,88	-	0,09	-	0,022

2.3 Вибір модифікаторів для внутрішньо формового модифікування

Для сфероїдизувального та графітізувального модифікування чавуну в ливарній формі використовували модифікатори вітчизняного виробництва (табл. 2.3). Гранулометричний склад модифікаторів, які завантажувалися у реакційну камеру складав 1,0...5,0 мм.

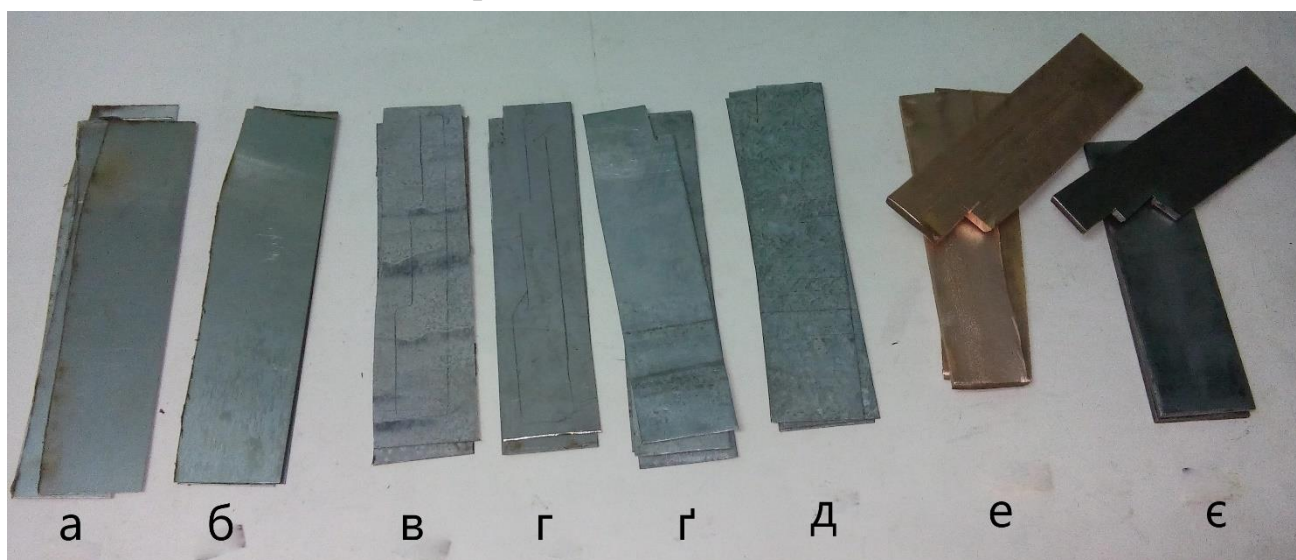
Таблиця 2.3 – Характеристика компонентів модифікувальних компонентів реакційних камер

Марка	ГОСТ, (ТУ)	Масова частка елементу, %							
		Mg	PЗМ	Si	Al	Ca	Mn	C	Fe
ФСМг7	ТУ 14-5-134-2005	7,5	0,6	50	1,2	0,7	–	–	зал.
ФС75	ГОСТ 1415-93	–	–	75	3,0	0,3	0,4	0,1	зал.

Внутрішньоформове модифікування базового чавуну здійснювалося в реакційній камері ливникової системи на шляху руху розплаву до виливка, в яких розміщували задану кількість модифікувальних добавок необхідної фракції.

2.4 Дослідження процесу диференціації структури та властивостей

Для забезпечення диференціації структури та властивостей чавуну у виливку «Плита» та експериментальні зразки використовували механічні бар'єри у вигляді сталевих перегородки з катаної листової оцинкованої сталі, нержавіючої сталі, катана сталь, мідь (рис. 2.4).



а – нержавіюча сталь 1,5 мм; б – нержавіюча сталь 3 мм; в – сталь покрита матовим структурованим цинкуванням ; г – сталь покрита матовим цинкуванням д ; ґ – сталь покрита блискучим цинкуванням ; д – сталь покрита блискучим структурованим цинкуванням; е – мідь; є – катана сталь

Рисунок 2.4 – Загальний вид пластини перед встановленням у ливарну форму

2.5 Виготовлення і заливання форми

Ливарна форма виготовляється із піщано-глинястої суміші. Склад суміші наведено в (табл. 2.5).

Таблиця 2.5 – Склад формувальної суміші

Компоненти	Вміст компонента, %
Пісок марки 1К ₁ О ₂ 016	97...100
Глина формувальна П-2	1...3
Вологість	3,0...4,0

Форму виготовлюють у двох опоках по нероз'ємній моделі. Спочатку формують нижню опоку. Для цього на дерев'яну плиту встановлюють модель і нижню опоку, потім насипають формувальну суміш і ущільнюють її ручною трамбівкою. Опоку з плитою кантують на 180°, встановлюють верхню опоку і модель ливникової системи, і також насипають в верхню опоку формувальну суміш і ущільнюють. Після цього піднімають верхню півформу, кантують її на 180° і витягають модель з форми. Перед заливанням форма просушується в сушильній печі при температурі 100...105°C протягом 4 годин. Форму збирали і встановлювали на заливний плац. Перед заливанням метолом на форму встановлюють вантаж (рис. 2.5) та (рис. 2.6).



Рисунок 2.5 – Ливарна форма для отримання виливка «Плита»



Рисунок 2.6 – Ливарна форма, загальний вигляд експериментальних зразків

2.6 Вивчення мікроструктури чавунних зразків

Вивчення мікроструктури дозволяє дослідити будову металів, їх число зерен, форму, розміри та взаємне розташування. Також можна побачити частини неметалевих вкраплень, різні фази в металі, мікроефекти (раковини, дрібні тріщини) і дефекти кристалічної будови (наприклад дислокації).

Вивчення мікроструктури виконують на мікрошліфах. Мікрошліфи в даній дослідницькій роботі виготовлялися в ручну на шліфувально-полірувальних верстатах марки 3E881M (рис. 2.7).



Рисунок 2.7 – Шліфувально-полірувальний верстат 3E881M

Виготовлення металографічних шліфів складається з вирізування зразка, шліфування й полірування. Поверхня зразка, на якій повинен бути підготовлений шліф, попередньо вирівнюють шляхом оброблення на абразивному кругові з періодичним його охолодженням.

Для видалення грубого рельєфу на поверхні зразка, що виходять після обробки на абразивному кругові зернистістю 45...60 мкм, проводиться шліфування на спеціальному папері. Для шліфування зразків застосовували водостійкі шліфувальні папери різної зернистості, прикріплені до диска шліфувального верстата, що обертається.

Спочатку поверхня зразка обробляється на шліфувальному папері грубої зернистості № 180 і № 240. Далі проводили тонке шліфування на дрібнозернистому шліфувальному папері № 600. При кожній зміні шліфувального паперу з меншою зернистістю зразок необхідно повертати на 90 градусів.

Після тонкого шліфування виконувалось полірування зразків на шліфувальному папері з алмазною пастою № 5/3 та на войлоці з пастою Гойї. Кінцеве полірування зразків проводили на фетрі з водною суспензією оксиду хрому.

Полірований зразок промивають проточною водою і ретельно висушують фільтрувальним папером.

При оцінці графіту визначали форму, розподіл, кількість і розмір графітових вкраплень по ГОСТ 3443-87.

Вивчення металевої матриці проводили на «травлених» зразках, з використанням лабораторного оптичного мікроскопа при збільшенні в 100 крат.

Перед травленням поверхню шліфа знежирюють спиртом. При хімічному травленні використовують 4% спиртовий розчин HNO_3 . Час травлення 5...20 с.

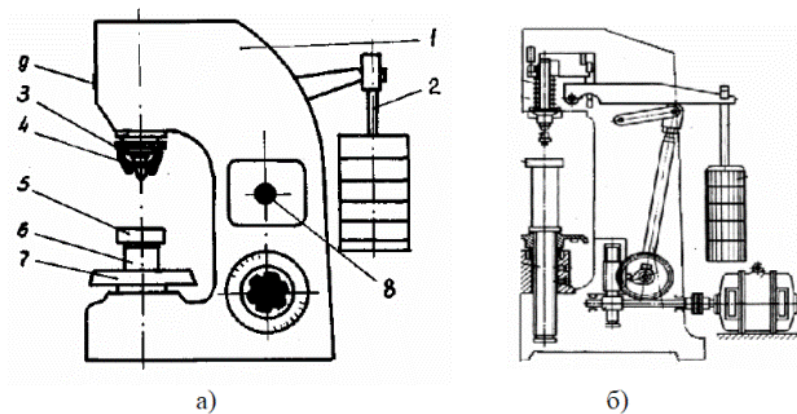
Для отримання збільшеного електронного зображення структури використовували фотокамеру марки SONY DCS-W5, яка дозволяє досить швидко отримати цифровий знімок поверхні і обробити його на комп'ютері.

Камеру встановлювали замість окуляра мікроскопа. Цифровий запис знімка здійснювали на ПЕОМ з використанням пакета програм для обробки графічної інформації.

2.7 Вимірювання твердості зразків

Твердість зразків в даній роботі вимірюють за методом Брінелля на приладі типу ТШ-2, представленого на (рис. 2.8).

Випробування проводиться наступним чином: спочатку підводять зразок до індентора, потім вдавлюють індентор в зразок з плавним зростаючим навантаженням протягом 2...8 с. Знімається прикладене навантаження, відводять зразок від індентора і вимірюють діаметр отриманого відбитка. В якості індентора використовуються кулька зі сталі ШХ15 певного діаметру. Число твердості за Бринелем позначається буквами НВ.

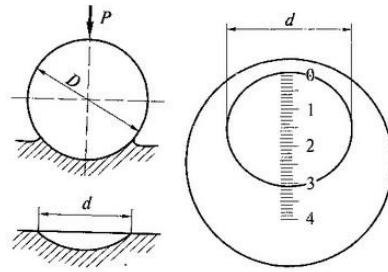


а – загальний вигляд; б – схема прибору;

1 – станина прибору; 2 – вантаж; 3 – кульковий індентор; 4 – обмежувач;
5 – змінний столик; 6 – гвинт; 7 – маховик; 8 – пускова кнопка; 9 – сигнальна лампочка.

Рисунок 2.8 – Схема прибору ТШ-2 для визначення твердості за Бринелем

Діаметр відбитка вимірюють за допомогою мікроскопу (лупи Брінелля), на окулярі якого є шкала з поділками, відповідними десятим часток міліметра. Вимірювання проводять з точністю до 0,05 мм у двох взаємно перпендикулярних напрямках. Для визначення твердості слід приймати середню з отриманих величин (рис. 2.9).



P – навантаження; D – діаметр індентора; d – діаметр отриманого відбитка

Рисунок 2.9 – Схема визначення твердості по Бринелю

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

ДИФЕРЕНЦІАЦІЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЧАСТИН ВИЛИВКІВ МОДИФІКУВАННЯМ У ЛИВАРНІЙ ФОРМІ ЧАВУНУ, СХИЛЬНОГО ДО КРИСТАЛІЗАЦІЇ З ВИБІЛЕННЯМ

В роботі запропоновані та досліджувалися процеси диференціації властивостей частин виливків модифікуванням у ливарній формі чавуну, схильного до кристалізації з вибіленням за наступними варіантами:

- заливання ливарних форм вихідним розплавом в якій він поділяється на два потоки, один із них проходить безпосередньо до порожнини ливарної форми та заповнює її, а інший потік перед заповненням форми проходить внутрішньоформове оброблення сфероїдизувальними добавками (рис. 3.1, а);
- заливання ливарних форм вихідним розплавом в якій він поділяється на два потоки, один із них проходить безпосередньо до порожнини ливарної форми та заповнює її, а інший потік перед заповненням форми проходить внутрішньоформове оброблення графітізувальними добавками (рис. 3.1, б);

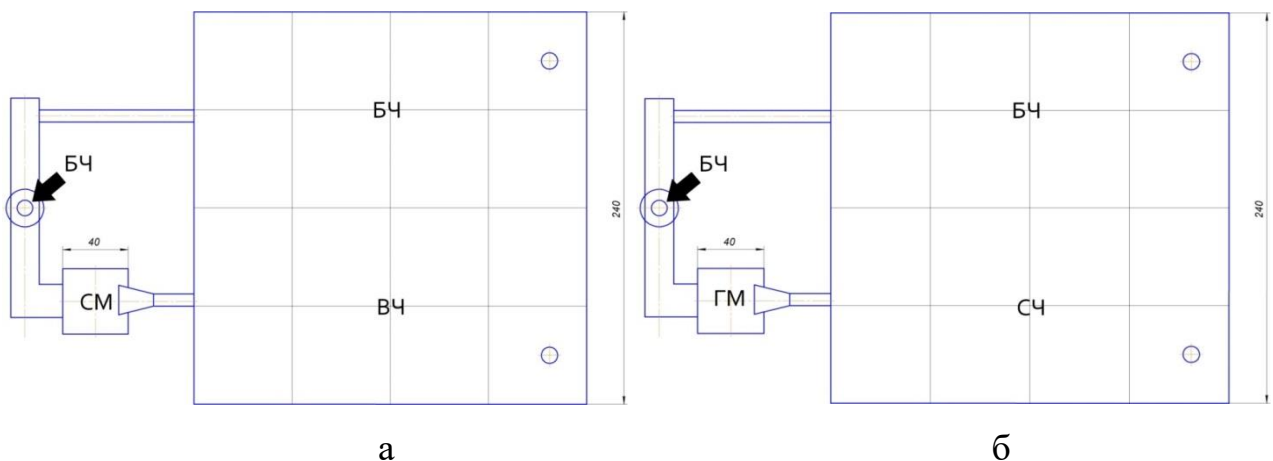


Рисунок 3.1 – Запропоновані технологічні варіанти виготовлення двошарових виливків із застосування внутрішньоформового модифікування

За запропонованими варіантами при заданих технологічних умовах передбачається виготовлення виливків із поєднанням частини з зносостійкого білого чавуну (БЧ) та ударостійкого високоміцного чавуну (ВЧ) або сірого чавуну (СЧ) ферито-перлітного класу.

Об'єктом дослідження обрано виливок типу горизонтальна плита із розмірами $240 \times 240 \times 25$ мм. Маса виливка з ливниково-модифікувальною системою складає 12...14 кг (рис.2).

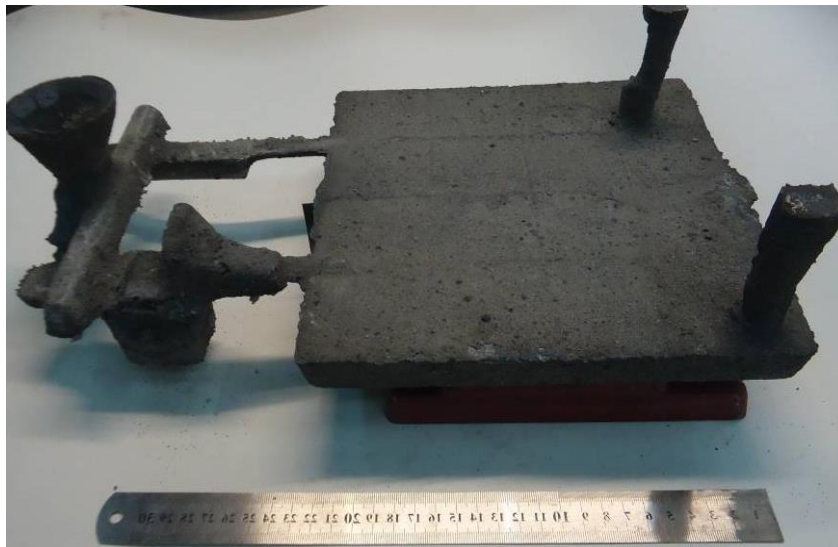


Рисунок 3.2 – Експериментальний виливок типу горизонтальної плити із ливниково-модифікувальною системою

Вихідний чавун виплавляли в індукційній тигельній електропечі марки ІЧТ-0,06 з кислою футерівкою, який контролювали за макроструктурою зламу клинкової проби, після чого його розливали у ливарні форми відкритим ручним ковшем. Температуру розплаву перед заливанням форм контролювали вольфрам-ренієвою термopарою. Оброблення експериментів проводили металографічних досліджень, а також визначення твердості за Бринелем.

Попередні дослідження із застосуванням математичного моделювання показали, що при заливанні двох різних розплавів в одну порожнину ливарної форми, відбувається їх змішування, що призводить до формування однорідної структури по всьому об'єму виливка (рис. 3.3, а). При чому таке змішування розплавів двох потоків відбувається з різною інтенсивністю незалежно від масової швидкості заливання.

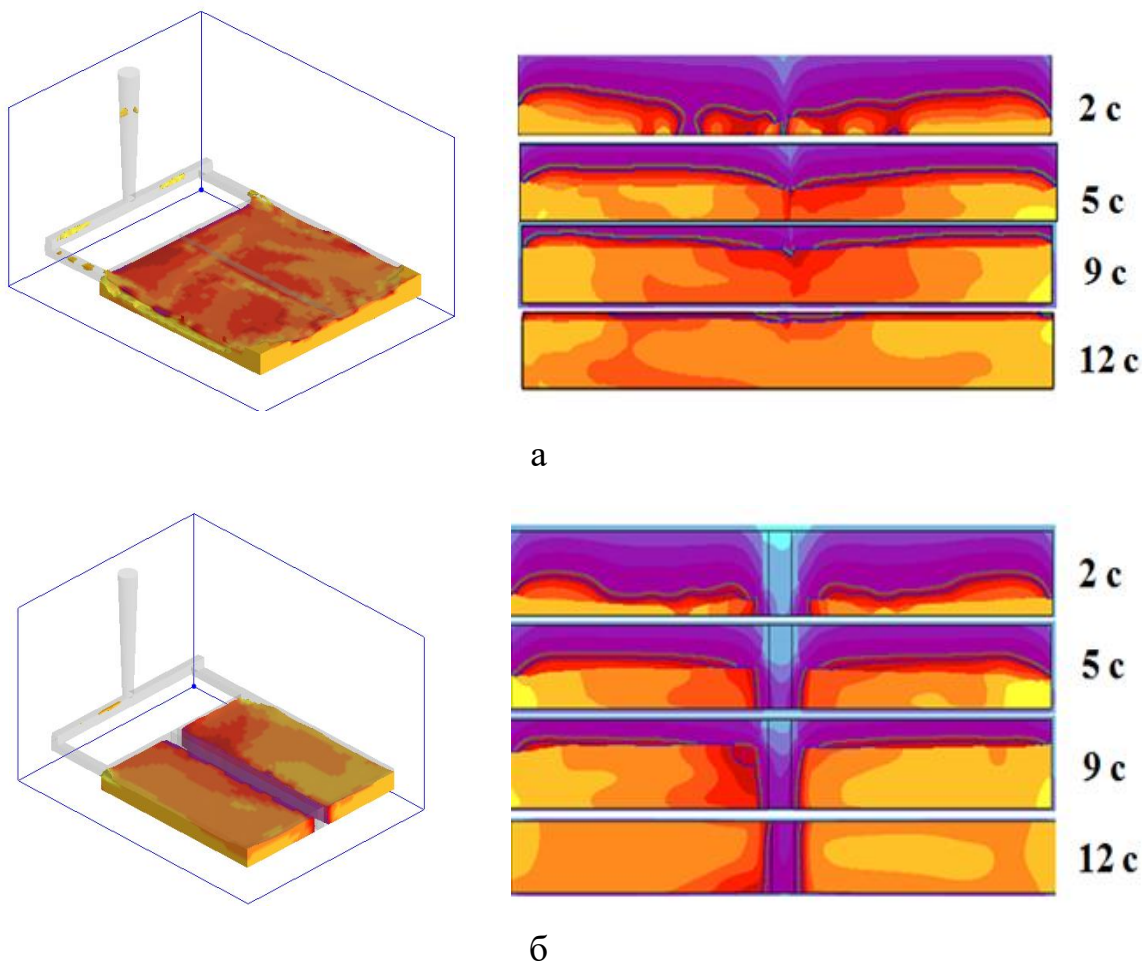


Рисунок 3.3 – Математичне моделювання технологічних варіантів виготовлення двошарових виливків із одного базового розплаву без перегородки (а) та із застосуванням механічної перегородки (б)

Таким чином різниця структури та властивостей чавуну в частинах виливка можлива лише за наявності механічного бар'єру, який відокремить потоки і виключить перемішування розплавів (рис.3.3, б).

Крім цього, при проведенні модельних експериментів передбачалось, що на якість з'єднання та властивості розплавів із перегородками впливає товщина, матеріал перегородок, а також температура заливання розплавів.

В подальшому для проведення експериментів було обрано перегородки з таких матеріалів: нержавіюча сталь (рис.3.4, а), оцинкована сталь (рис.3.4, б,в), вуглецева сталь (рис.3.4, д), а також міді (рис.3.4, г).

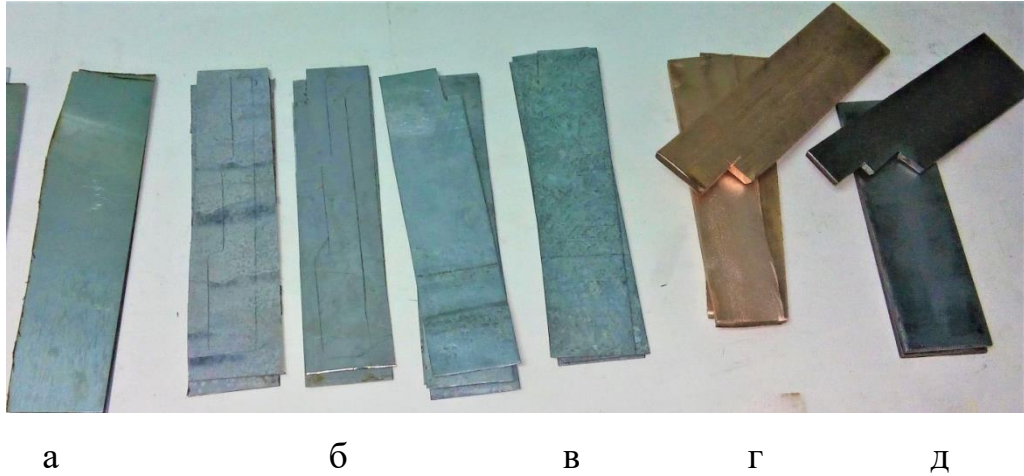


Рисунок 3.4 – Загальний вигляд перегородок

Для перевірки на якість з'єднання чавуну із металевими перегородками, було використано розроблене пристосування для фіксації декількох перегородок (рис.3.5). За допомогою даного пристрою можливо одночасно проводити занурення в розплавлений метал декілька металевих перегородок.

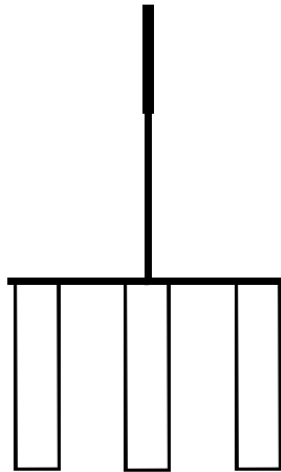


Рисунок 3.5 – Схема пристрою для одночасного занурення перегородок до розплаву

Під час виконання експериментальних досліджень із зануренням перегородок у чавунний розплав спостерігалось неякісне з'єднання чавунного розплаву із нержавіючою та вуглецевою сталі. На зразках у зоні контакту із нержавіючою та вуглецевою сталлю перегородкою спостерігалось газова поруватість, раковини.



а

Перегородка із вуглецевої сталі

Перегородка із ніржавіючої сталі



б

Рисунок 3.6 – Загальний вигляд перегородок після занурення (а) та мікро-структура контактної зони сталі із чавуном (б) ($\times 100$)

Ці дефекти відбуваються через утворення на поверхні перегородки окисних плівок та виділення газів у процесі заливання. Тому застосовувати перегородки без захисного покриття є недоцільним.

Перегородки із оцинкованої сталі та мідні, при контакті із розплавом мають бездефектний перехідний міцний шар.

Оцинкована сталь, має захисне цинкове покриття, яке має температуру кипіння $907\text{ }^{\circ}\text{C}$, що при контакті з чавунним розплавом у якого температура заливання $1400\text{ }^{\circ}\text{C}$, випаровується при цьому процесі не відбувається утворенні на перегородці поверхневих оксидних плівок, що забезпечує зварюваність чавуну та сталюї перегородки, при цьому структура перегородки змінюється з феритної на перліто-цементитну (рис.3.7 і рис. 3.8).

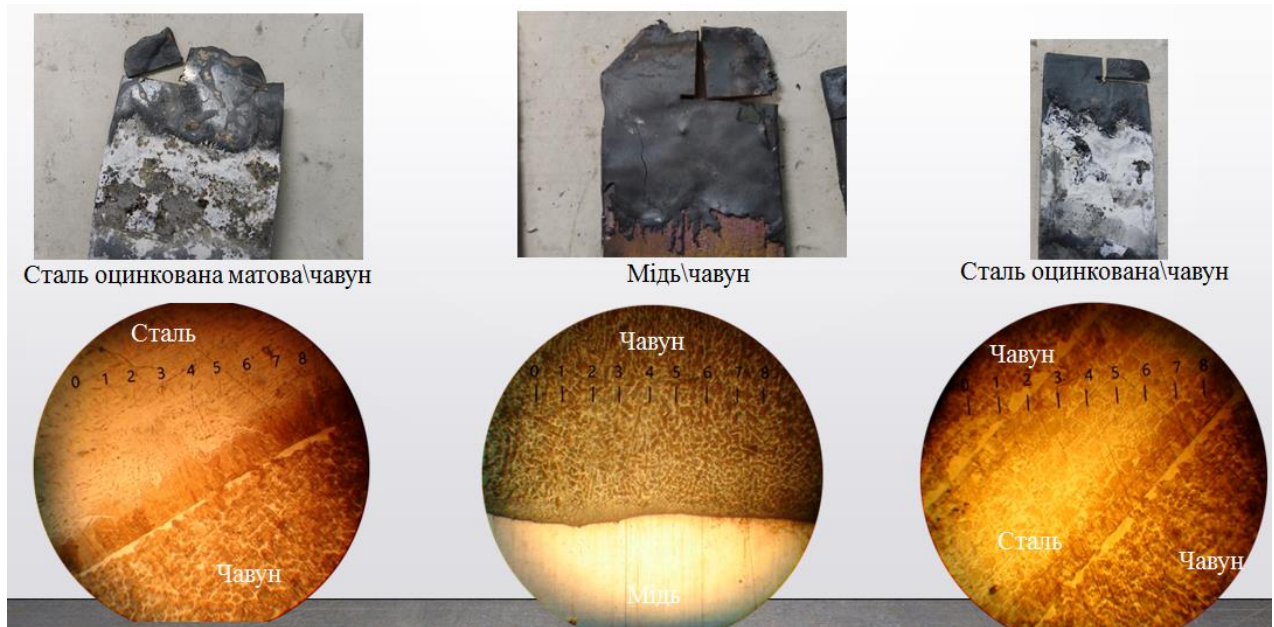


Рисунок 3.7 – Загальний вигляд перегородок після занурення (а) та мікро-структура контактної зони сталі із чавуном (б) ($\times 100$)

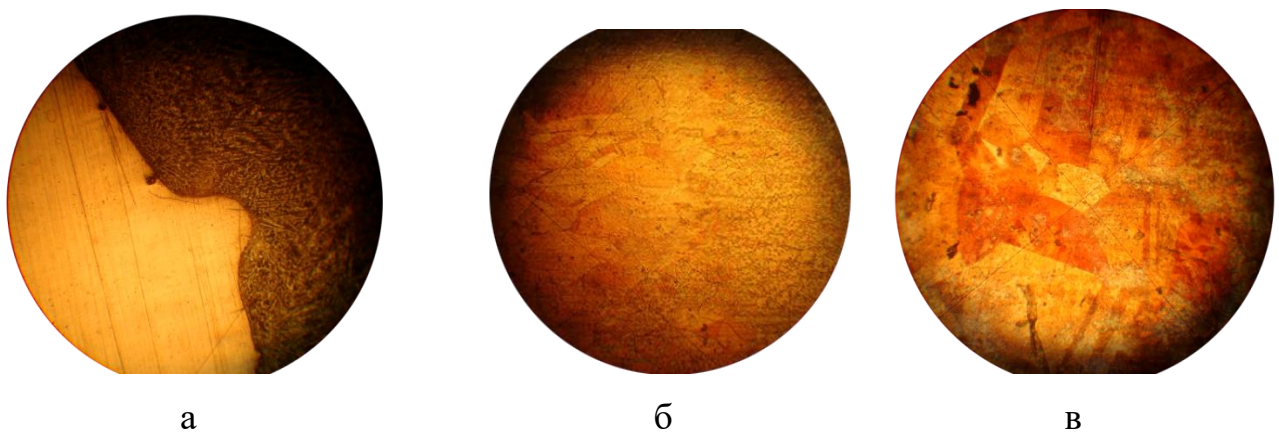


Рисунок 3.8 – Мікроструктура перехідної зони зразка чавуну з мідною перегородкою (а, б), а також вихідної структури мідної перегородки (в) ($\times 100$)

На відміну від оцинкованої сталі, мідна перегородка без захисного покриття, попередньо зачищена від бруду перед заливанням, показала бездефектне, міцне з'єднання з чавуном. Структура мідної перегородки до заливання та після утворення диференційованого виливка, практично не змінилася (рис.3.8). Зміни відбулися тільки на невеликому перехідному шарі, подрібнене зерно з боку мідної перегородки, та неметалеві вкраплення з боку чавуну.

За результатами досліджень можна зробити висновок, що застосування перегородок, з таких матеріалів; вуглецева сталь, нержавіюча сталь, оцинкована

сталь є доцільне використання. Між ними є міцний перехідний шар, що зумовлює можливість створення двошарових виливків з диференційованою властивістю. Але використання сталевих перегородок без захисних покриттів, не створює задовільного перехідного шару між сталю та чавуном. При високих температурах, на поверхні незахищеної сталевих перегородок утворюються окисні плівки, яка перешкоджає підплавленню перегородки, та погане зварювання поверхні чавуном.

Мідна перегородка з експериментальних даних показала, що з'єднання між чавуном та міддю має місце бути, за певних технологічних умов використання перегородки достатньої товщини. Експериментальні зразки показують, що при контакті міді з розплавленим чавуном, мідна пластина має хороше з'єднання з чавунним розплавом, та відбувається підплавлення мідної пластини через різниці температур плавлення у міді 1083°C , а заливання чавуна відбувається за температури $\approx 1400^{\circ}\text{C}$. Через нижчу температуру плавлення мідної пластини відбувається інтенсивне підплавлення поверхні перегородки. Металографічний аналіз що показує перехідний шар, який складається з неметалевих вкраплень та подрібненої структури. Структура мідної пластини при використанні її в якості перегородки в експериментальних зразках не змінюється. Це спостерігається на мікрошліфах порівнюючи структуру вихідного зразка, та структуру експериментального зразка.

За результатами дослідження встановлено залежності для сталевих та мідних перегородок, що з підвищенням температури розплаву металевих перегородок зменшують свою товщину. Взявши до уваги цей параметр залежності розчинення (розплавлення) перегородки можна зробити висновок, що підібравши технологічні параметри заливання виливка, тобто товщину перегородки, температуру заливання, та час охолодження виливка, можливо застосовувати мідні перегородки.

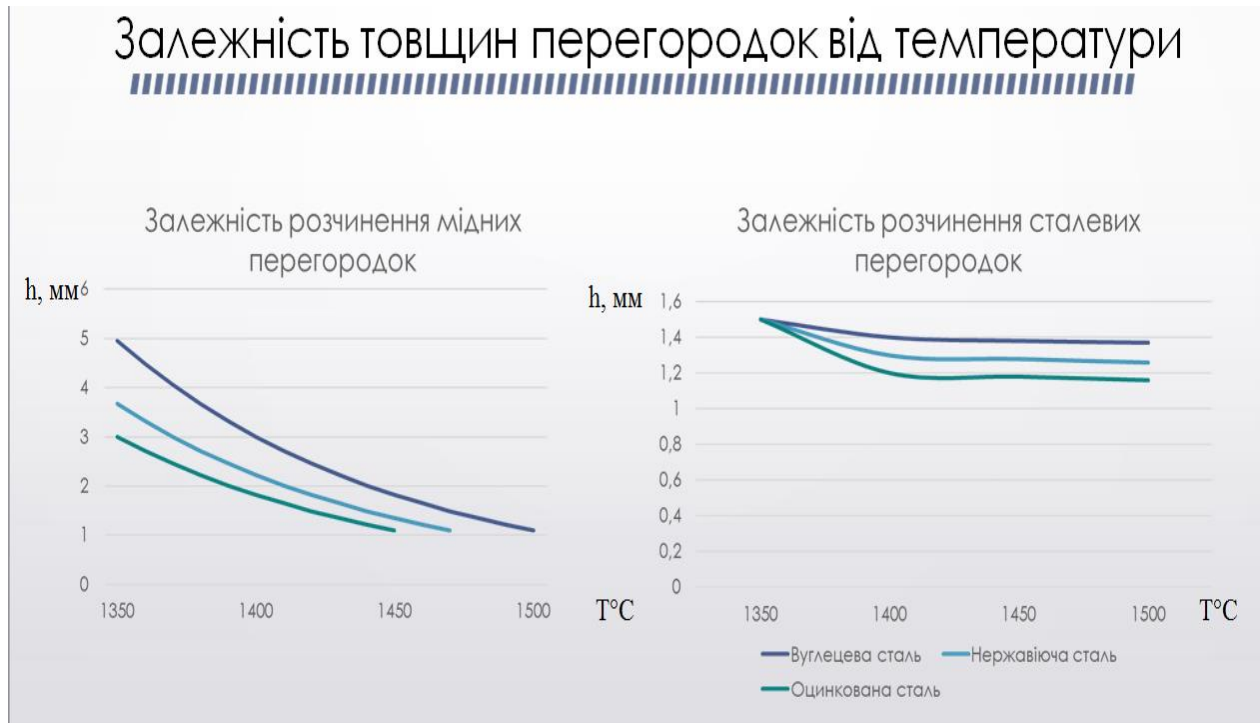


Рисунок 3.9 – Вплив температури заливання розплавів на товщину перегородки після контакту із розплавами

За розробленими режимами із застосуванням перегородки із оцинкованих сталей, а також перегородок із міді було виготовлені експериментальні виливки типу горизонтальна плита (рис.3.10, б)

Для графітізувального оброблення в ливарній формі обрано сплав ФС75 ,для сфероїдизувального внутрішньоформового модифікування обрано комплексну лігатуру ФСМг7. Кількість модифікаторів складала 2,0 % від маси оброблювального розплаву.



а



б

Рисунок 3.10 – Загальний вигляд ливарної форми (а) та експериментального виливка (б)

Мікроструктура отриманих диференційованих виливків «Плита» та твердість за Бринелем, показує що внутрішньоформове модифікування графітизувальними та сфероїдизувальними добавками, для отримання диференційованих властивостей відбувається в повній мірі. Одна частина вилівка за кристалізувалася з вибіленням та має тверду цементиту структуру, а інша частина має м'яку, феритну, ферито-перлітну структуру.

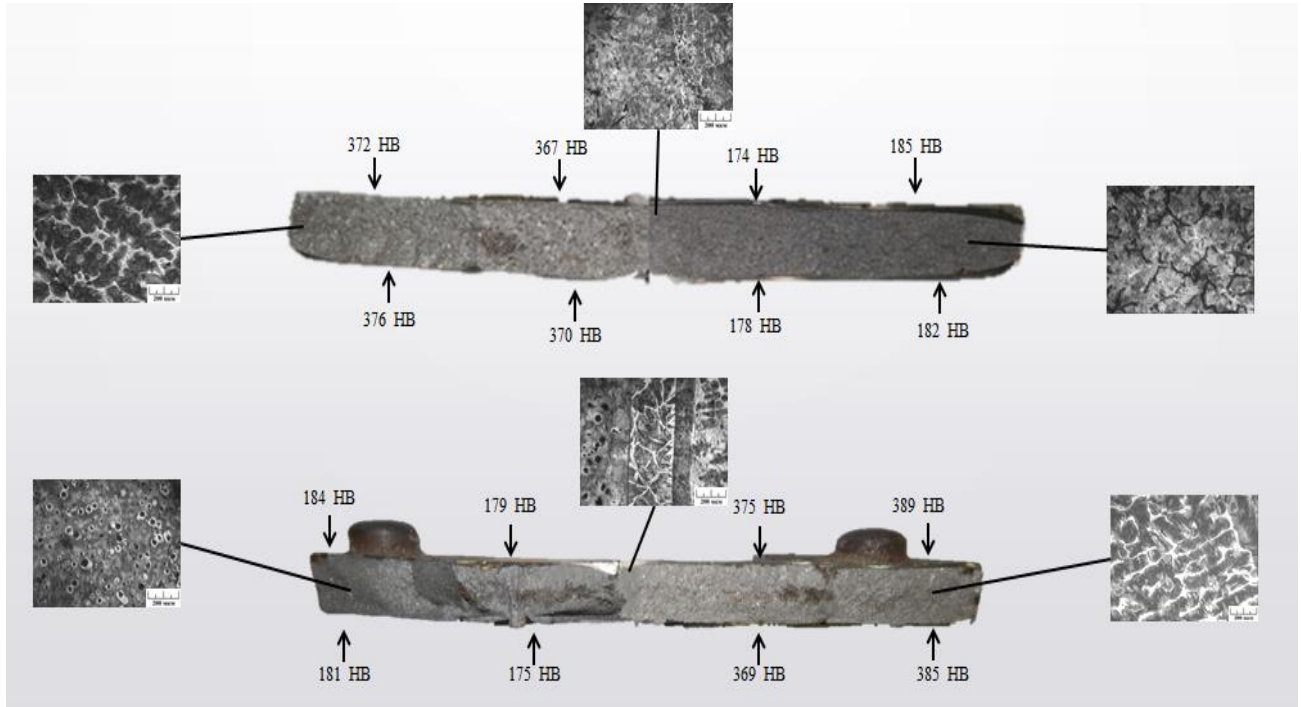


Рисунок 3.11 – Макроструктура зламу, мікроструктура виливків типу горизонтальна плита із використанням розділових перегородок

Після проведення експериментів, можна зробимо висновок, що можливе застосування перегородок для лиття двошарових виливків не тільки із споріднених сплавів, а і застосування принципово інші перегородки, які можуть в певних сферах застосування принести економічну вигоду, та підвищити термін експлуатації деталей. Мідні перегородки у виливках за своїми характеристиками пластичності, та твердості, слугують, як буферна перехідна зона між наприклад, твердим зносостійким шаром біглого чавуну, та м'яким сірим чавуном основи. Мідь слугуватиме, як клейка з'єднувальна речовина, що зв'язує два основні шари.

Висновки до розділу 3

1. Запропоновані та досліджені технологічні процеси виробництва чавунних виливків із диференційованими властивостями методом лиття за моделями, що газифікуються. Сутність яких полягає у тому, що під час заливання ливарних форм вихідний розплав, схильний до кристалізації за метастабільною системою з вибіленням виплавлений в одному плавильному агрегаті заливається до ливарної форми, в якій він поділяється на два потоки, один із яких проходить безпосередньо до порожнини форми та заповнює її, а інший потік перед заповненням форми проходить внутрішньоформове сфероїдизувальне або графітизувальне оброблення та заповнює іншу частину форми.

2. Для забезпечення розділення структури та властивостей двошарових виливків методом комп'ютерного моделювання встановлено доцільність використання розділового бар'єра між різномодифікованими чавунами за одночасного заповнення ними порожнини ливарної форми.

3. Експериментальними дослідженнями встановлено, що для забезпечення диференціації структури та властивостей у виливках за запропонованими варіантами необхідно використовувати розділовий бар'єр між чавунами при одночасному заповненні ними порожнини ливарної форми. При цьому розділення структури та властивостей досягається за наявності механічного бар'єра у вигляді розділової перегородки з оцинкованої сталі, а також із міді.

4. Різниця твердості між протилежними частинами виливків з поєднанням білий чавун – сірий чавун з пластинчастим графітом складає 140...160 НВ, а з поєднанням білий чавун – високоміцний чавун з кулястим графітом 100...120 НВ.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Вступ

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я та працездатності людини в процесі трудової діяльності.

Мета охорони праці – формування в магістрів системи теоретичних та прикладних знань з правових, економічних, технологічних та організаційних питань про створення безпечних умов праці, захисту людей на виробництві.

Науково-дослідну роботу, на тему «Розроблення технологічного процесу виготовлення двошарових виливків із модифікованих у ливарній формі чавунів», виконували у ливарній лабораторії кафедри ливарного виробництва чорних і кольорових металів, ІФФ, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського».

Робота в ливарному цеху пов'язана із шкідливими та небезпечними виробничими факторами, тому метою розділу є розроблення заходів, спрямованих на забезпечення нешкідливих та здорових умов праці в цеху, розроблення заходів на ділянках ливарної лабораторії (на усунення та зниження травматизму працівників).

4.2 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів

Аналіз умов праці виконувався у декілька етапів.

На першому етапі були виконані наступні вимірювання:

- довжина лабораторії $a = 24$ м;
- ширина лабораторії $b = 12$ м;
- висота лабораторії $h = 6$ м.

За цими величинами були розраховано:

- площа лабораторії $S = a \times b = 288 \text{ м}^2$;
- загальний об'єм лабораторії $V = a \times b \times h = 1728 \text{ м}^3$.

Оскільки кількість працюючих у лабораторії не перевищує 8-х осіб, то площа та об'єм, що припадає на одну людину дорівнює:

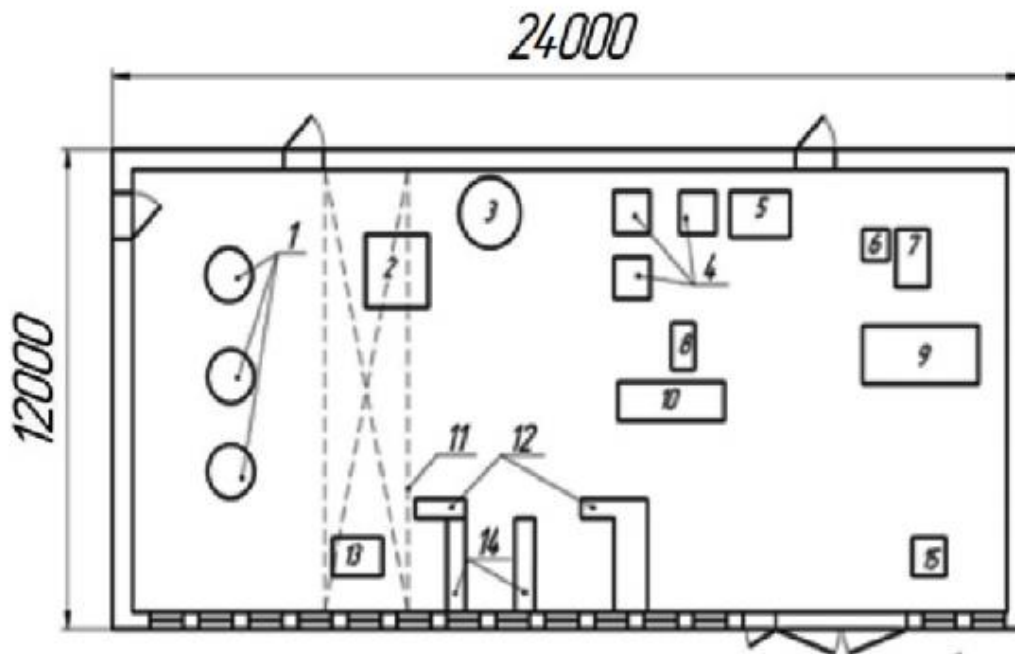
- площа лабораторії на одного працівника $S' = S/8 = 36 \text{ м}^2$;

– об'єм лабораторії на одного працівника $V' = V/8 = 216 \text{ м}^3$.

Згідно із нормами СНиП 2.09.02-85 площа і об'єм робочого приміщення на кожного працівника повинні бути не меншими $4,5 \text{ м}^2$ та 15 м^3 відповідно.

Таким чином, розміри приміщення по відношенню до кількості працюючих в ньому людей повністю відповідають вимогам СНиП 2.09.02-85.

Загальна схема ливарної лабораторії зображено на рис. 4.1.



1 – індукційні печі; 2 – сушарка; 3 – змішувач; 4 – формувальні машини; 5 – машина відцентрового лиття; 6 – зварювальний апарат; 7, 9 – печі опору; 8 – наждачний верстак; 10 – верстак; 11 – кран-балка; 12 – шафи; 13 – установка ЕШП; 14 – верстаки; 15 – контейнер для сміття

Рисунок 4.1 – Технологічний план ливарної лабораторії з устаткуванням

Шкідливий виробничий фактор – це фактор, вплив якого за певних умов може призвести до захворювання, зниження працездатності або негативного впливу на здоров'я нащадків.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори (НШВФ), які мають місце при виконанні дипломної НДР це:

- запиленість;
- виділення газів та пару;
- виділення небезпечних речовин;
- надмірне виділення тепла;
- збільшений рівень шуму та вібрації;

- наявність рухомих машин, механізмів та частин виробничого устаткування (наприклад, кран-балка із вантажем);
- інфрачервоне та ультрафіолетове випромінювання;
- надмірні тепловиділення;
- електромагнітні поля.

4.3 Мікроклімат

Мікрокліматичні умови – це параметри температури, відносної вологості, швидкості руху повітря в робочій зоні або в зоні обслуговування та на постійних робочих місцях, встановлені відповідними нормами.

Оптимальними мікрокліматичними умовами вважаються такі умови, при яких має місце найвища працездатність та хороше самопочуття працівників, а також надійна робота приладів, які використовують у лабораторії.

Санітарно-гігієнічне нормування умов мікроклімату здійснюють згідно з ДСН 3.3.6.042-99, які встановлюють оптимальні і допустимі параметри мікроклімату залежно від загальних енерговитрат організму під час виконання робіт, як у холодний так і у теплий період року для людини, що знаходиться на постійному робочому місці.

Так як робота у ливарній лабораторії потребує помірних фізичних зусиль, виконується стоячи, пов'язана з ходінням, переміщенням вантажів, вага яких не перевищує 10 кг, то можна вважати, що категорія робіт за ступенем важкості відноситься до Пб. Енерговитрати організму людини при цій категорії робіт становлять 232...290 Ккал/год.

При санітарно-гігієнічному нормуванні умов мікроклімату відповідно до вимог ДСН 3.3.6.042-99 використовують 2 періоди року: теплий (середньодобова температура зовнішнього середовища $>10^{\circ}\text{C}$) і холодний період року (середньодобова температура зовнішнього середовища).

4.4 Освітлення

Залежно від джерел світла освітлення може бути:

- природним, що створюється прямими сонячними променями та розсіяним світлом небосхилу;
- штучним, що створюється електричними джерелами світла;
- суміщеним, при якому недостатнє за нормативами природне освітлення доповнюється штучним.

Природне освітлення поділяють на таке:

- бокове, що здійснюється через вікна в зовнішніх стінах;
- верхнє, здійснюється через ліхтарі в покрівлі;
- комбіноване – поєднання верхнього та бокового.

Штучне освітлення може бути зональним та комбінованим. Місцеве освітлення створюють світильниками, що концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

При тривалій роботі на погано освітленому робочому місці зорове сприйняття знижується, розвивається короткозорість, з'являються захворювання очей та головні болі. Внаслідок постійної напруги зору настає зорове стомлення та втрата уваги, що сприяє неточності виконання робіт і травматизму. Тривала робота при високому освітленні може призвести до світлобоязні – підвищеної чутливості очей до світла з характерними сльозотечіями, запаленням слизової оболонки та роговиці ока.

Так, як виплавляють метал і більшість робочого часу працівники витрачають на роботу із рідким металом, то можна вважати, що зорові роботи на ділянці відповідають VII розряду. Освітлення повинно бути достатнім для виконання робіт та відповідати ДБН В 2.5.28-2006. Оскільки роботи виконуються у світлий та у темний час доби, тому існує штучне освітлення.

4.5 Шум

Шум – це небажаний звук, який наносить шкоду здоров'ю людини, знижує працездатність, а також може сприяти отриманню травм через зниження сприйняття попереджувальних сигналів. Звукові хвилі виникають при порушенні стаціонарного стану середовища (механічні коливання конструкцій або їх частин, нестаціонарні явища в газоподібних або рідких середовищах), внаслідок

впливу на них сили збудження та, поширюючись у ньому, утворюють звукове поле.

Шум може тимчасово активізувати або постійно пригнічувати психічні процеси організму людини. Фізіо- та біологічні наслідки можуть проявлятися у формі порушення функцій слуху та інших аналізаторів, зокрема вестибулярного апарату, координуючої функції кори головного мозку, нервової системи, систем травлення і кровообігу.

Шум погіршує самопочуття людини і знижує продуктивність праці на 10...15%, та може призвести до професійних захворювань. У зв'язку із цим боротьба з шумом має не лише санітарно-гігієнічне, але і велике техніко-економічне значення.

У ливарній лабораторії джерелами шуму є вентиляція, генераторний комплекс індукційних електропечей, кран-балка, котковий змішувач. Усі працівники лабораторії забезпечені ЗІЗ, що дає можливість знизити рівень звукового тиску на 7...45 дБ.

Шумові характеристики джерел шуму:

- вентиляція, L_v – 70 дБ;
- генераторний комплекс індукційних електропечей, L_t – 84 дБ;
- кран-балка, L_k – 86 дБ.

Рівень шуму відповідно до нормативного документу ДСН 3.3.6.037-99 має не перевищувати допустимі параметри, що складають 80 дБ.

4.6 Вібрація та її вплив на людину

Вібрація – це механічні коливання пружних тіл. Причини вібрації:

- неврівноважені силові дії (зубчасте зачеплення, кривошипно-шатунний механізм);
- неврівноважені елементи, що обертаються (вентиляторні системи, електродвигуни, компресори);
- технологічне обладнання, яке працює за принципом вібродії (вібросита, вібробункери, ущільнювачі і т.і.).

Вібрація характеризується такими параметрами, як частота, Гц, амплітуда, м, швидкість, м/с, і прискорення, м/с².

За способом передачі на тіло людини розрізняють вібрацію загальну та локальну. Загальна вібрація передається на тіло людини через будь-які опорні поверхні при роботі сидячи або стоячи, а локальна – через руки.

Довготривалий вплив загальної вібрації на людину призводить до розладу вестибулярного апарату, центральної та периферичної нервових систем, захворювання органів травлення, а також серцево-судинної системи. Локальна вібрація викликає порушення периферичного кровообігу і нервової системи та м'язово-суглобного апарату.

При тривалій роботі в умовах вібрації виникає професійне захворювання – вібраційна хвороба, яка призводить до порушення функцій різних органів периферичної та центральної нервових систем, а у тяжких випадках – до незворотних органічних змін в організмі, які не виліковуються і призводять до інвалідності. Більш небезпечною вважається загальна вібрація.

Людина починає відчувати вібрацію при швидкості коливань 10...4 м/с. Коливання тіл із частотою нижче 16 Гц сприймаються організмом як вібрація, а коливання із частотою 16...20 Гц і більше – одночасно як вібрація і звук. Небезпечними є коливання робочих місць, які мають частоту резонансу з коливаннями окремих органів або частин тіла людини. Так, весь організм і більшість внутрішніх органів резонують при дії коливань із частотою 6...9 Гц, голова – 17...25 Гц, плечовий пояс – 4...6 Гц. Поява резонансу може призвести до розриву цих органів.

Основні заходи захисту від вібрації:

- зменшення вібрації у джерелі виникнення (заміна ударних процесів на безударні, використання деталей із пластмас, ремінних передач замість ланцюгових і т.ін.);

- зменшення вібрації на шляху поширення (віброізоляція, вібропоглинання або віброгасіння).

Віброізоляція ослаблює передачу коливань від джерела виникнення на основу, підлогу, сидіння тощо за рахунок встановлення між ними пружних елементів – віброізоляторів.

Вібропоглинання здійснюється шляхом нанесення на вібруючу поверхню шару пружнов'язких матеріалів (гуми, мастики, пластика).

Віброгасіння здійснюють шляхом встановлення вібруючого обладнання на жорсткі масивні віброгасячі фундаменти або залізобетонні плити, по їх периметру встановлюють акустичний шов, який заповнюють пружними легкими матеріалами і який призначений для ліквідації безпосередньої передачі коливань від фундаменту до будівельних конструкцій.

Застосування ЗІЗ: спеціальне взуття, наколінники, рукавиці, вібропоглиначі прокладки, налокітники, пояси, нагрудники, спеціальні костюми.

4.7 Інфрачервоне та ультрафіолетове випромінювання

Джерелом інфрачервоних і ультрафіолетових випромінювань є виплавлений метал, футеровка печі, ковша і метал . Особливо інтенсивному опроміненню піддається плавильник під час проведення таких технологічних операцій як підшихтовка, скачування шлаку, випускання металу.

Теплове (інфрачервоне) випромінювання виникає всюди де температура відмінна від абсолютного нуля.

За фізичною природою інфрачервоне випромінювання (ІЧВ) є різновидом електромагнітного випромінювання (ЕМВ). Це потік енергії, яка має як хвильові так і корпускулярні властивості. Довжина хвилі ІЧВ від 780 нм (0,78 мкм) до 540 мкм. ІЧВ проходить без втрат через вакуум, через сухе чисте повітря і нагріває тільки тіла які підпадають під випромінювання і поглинають його.

ІЧ випромінювання чинить на організм, в основному, тепловий вплив. Ефект дії ІЧВ залежить від довжини хвилі, що обумовлює глибину його проникнення.

У зв'язку із цим діапазон ІЧВ розбитий на три області А (= 0,76 – 1,4мкм), В(= 1,4 – 3,0 мкм), і С(>3 мкм). Перша область (А) має велику проникність через шкіру і позначається як короткохвильова. В і С відносять до довгохвильових.

ІЧ випромінювання впливає на функціональний стан нервової системи, приводить до змін у серцево-судинній системі, підвищується частота пульсу і дихання, підвищується температура тіла, підсилюється потовиділення.

ІЧ випромінювання діють на слизову оболонку очей, кришталик і можуть викликати патологічні зміни в очах: помутніння рогівки і кришталика, опіку сітківки.

При тривалому перебуванні в зоні ІЧ випромінювань відбувається порушення теплового балансу в організмі. Порушується робота терморегулюючого апарату, посилюється діяльність серцево-судинної і дихальної систем, потовиділення, відбувається втрата потрібних організму солей. Порушення теплового балансу викликає захворювання, що називається гіпотермією. При систематичних перегріваннях підвищується сприйнятливість до застуд. Спостерігається зниження уваги, підвищується стомлюваність, знижується продуктивність праці.

За даними ДСН 3.3.6.042-99 при наявності відкритих джерел випромінювання (нагрітий метал, скло, відкрите полум'я) допускається інтенсивність опромінення до 140 Вт/м². Величина опромінюваної площі не повинна перевищувати 25% поверхні тіла працюючого при обов'язковому використанні індивідуальних засобів захисту (спецодяг, окуляри, щитки).

При веденні технологічного процесу в цеху на всіх стадіях обробки матеріалів можлива дія шкідливих та небезпечних виробничих факторів. Тому для збереження здоров'я та життя людини використовують спеціальні засоби індивідуального захисту (ЗІЗ).

Індивідуальними засобами захисту робітників є спецодяг (повстяні костюми). Для захисту ніг від теплового випромінювання, іскор і бризок розплавленого металу використовують спеціальне шкіряне взуття з металевим носком для працюючих в гарячих цехах. Для захисту рук від опіків – брезентові рукавиці, комбіновані з надолонниками зі шкіри. Враховуючи специфіку роботи із чавуно-плавильним комплексом для уникання опіків, потрапляння розплавленого металу на тіло та кінцівки спецодяг забороняється заправляти у чоботи, рукавиці та ін., а також працювати у незастебнутому чи порваному спецодязі. Спецодяг повинен мати захисні властивості, які виключають можливість нагріву його внутрішніх поверхонь на будь-якій ділянці до температури 40 °С у відповідності із спеціальними стандартами (ГОСТ 12.4.016 – 87 ССБТ. Одежда специальная. Номенклатура показателей качества).

Для захисту голови від теплових опромінь, іскор та бризок металу використовують повстятий капелюх, захисну каску з підшоломником. Для захисту очей та обличчя – щиток теплозахисний сталевара, з прикладними для нього захисними окулярами із світлофільтрами, маски захисні з прозорим екраном, окуляри захисні, козиркові із світлофільтрами.

4.8 Загазованість та запиленість

Головним показником, який характеризує стан забруднення повітря лабораторії шкідливими газами та пилом, є концентрація шкідливих речовин, яка не повинна перевищувати гранично допустиму концентрацію (ГДК), що встановлена ГОСТ 12.1.005 – 88 «Воздух рабочей зоны. Общие санитарногигиенические требования».

Неотруйні виробничі пари, гази і пил в основному подразнюють організм і, проникаючи всередину організму через органи дихання, можуть викликати хронічні захворювання легень і дихальних шляхів (сюди відносять пил різного походження).

До подразливого пилу відносять:

- мінеральний (азбестовий, кварцовий, вугільний, наждачний та ін.);
- металевий (залізний, чавунний, цинковий та ін.);

– деревний. Подразливий (неотруйний) пил подразнює слизові оболонки дихальних шляхів, шкіру, очі і практично не потрапляє в кровообіг унаслідок поганої розчинності в біологічних середовищах. Проте тривала робота в умовах запорошеного повітря може призвести до хронічних захворювань легенів. Ці захворювання призводять до обмеження дихальної поверхні легенів і змін у всьому організмі людини.

Стан повітряного середовища визначається в основному наявністю газів та запиленням і характеризується як III кл. 1-ступінь згідно постанови №442 К М України від серпня 1992 року.

Процес плавлення металу супроводжується виділенням газів.

Так як робота пов'язана із плавленням чавуну, то під час його плавлення виділяється газ, який є шкідливим для людини.

Джерелом виділення шкідливих газів є печі ІЧТ – 006, рідкий метал та формувальні і футерувальні матеріали.

Для зменшення шкідливого впливу пилу та газів використовують засоби індивідуального захисту: респіратори ШБ-1 «Пелюсток-200», «Пелюсток-40». Вони захищають від високодисперсних аерозолів (діаметр часток не більше 2 мкм) при концентраціях, що перевищують ГДК в 200 разів; грубодисперсних аерозолів і від високодисперсних аерозолів (діаметр часток не більше 2 мкм) при концентраціях, що перевищують ПДК в 40 разів відповідно. Використовуються в ливарних цехах при плавці й сублімації металів.

Фільтруючий протигазовий респіратор РПГ-67 захищає від пари органічних речовин (бензину, ацетону, спиртів, ефірів, бензолу й ін.). Використовується в ливарному виробництві при виготовленні форм і стрижнів.

Найбільш дієвим заходом для забезпечення нормальних метеорологічних умов і чистоти повітря на робочих місцях є правильно організована система вентиляції.

4.9 Вентиляція

Під вентиляцією розуміють сукупність заходів та способів, призначених для забезпечення на постійних робочих місцях та зонах обслуговування виробничих приміщень метеорологічних умов та чистоти повітряного середньовища що відповідають гігієнічним та технічним вимогам.

Основне завдання вентиляції – вилучити із приміщення забруднене або нагріте повітря та подати свіже, тобто забезпечити в приміщеннях метеорологічні умови, що відповідають нормативним вимогам, а також виключити можливість вмісту в повітрі шкідливих речовин, які перевищують гранично допустимі концентрації (ГДК).

4.10 Електробезпека

Приміщення ливарної лабораторії за ступенем ураження електричним струмом відноситься до приміщень з особливою небезпекою. Фактори, за якими визначаємо категорію приміщення такі:

- відсутня висока відносна вологість повітря (не перевищує 75 % протягом тривалого часу);
- температура в приміщенні перевищує 35 °С,
- є струмопровідна підлога. – є можливість одночасного дотику до металевих корпусів електрообладнання та заземлених елементів.

Напруга електромережі складає 220 В. Для живлення обладнання та устаткування лабораторії використовують трифазний струм напругою 380 В. Для електромережі із напругою 220 В достатньо занулення, а для електромережі із напругою 380 В необхідно використовувати заземлення. Відповідно до ГОСТ 12.1.009-76 «ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения.» захисне заземлення – це електричне з'єднання із землею чи її еквівалентом металевих неструмовідних частин, які можуть опинитися під напругою. Захисна дія заземлювального пристрою заснована на зниженні до безпечної величини струму, що проходить через людину в момент торкання нею пошкодженої електроустановки та забезпечує паралельно можливому включенню людини в мережу струмопровідного малого опору (шунт), внаслідок чого зменшується струм, що проходить через людину.

Відповідно до чинних нормативних документів опір заземлювального пристрою для електрообладнання напругою до 1000 В має не перевищувати 4 Ом за сумарної потужності генераторів більшої за 100 кА. Існують штучні заземлю-

вачі, призначені виключно для заземлення електрообладнання і природні струмопровідні предмети, які знаходяться в землі, і комунікації іншого призначення. Як штучні заземлювачі використовують сталеві труби діаметром 35...50 мм та кутову сталь 40×40...60×60 мм, з товщиною стінок не менше 3,5 мм і довжиною 2,5...3,0 м. Вертикальні заземлювачі з'єднують між собою сталеві стрічкою перерізом не менше 4×12 мм або круглого перерізу діаметром не менше 8 мм за допомогою зварювання.

4.11 Пожежна безпека

Пожежа – не контрольоване горіння поза спеціальним осередком, що розповсюджується в часі і просторі. Наслідки пожеж не обмежуються суто матеріальними втратами, пов'язаними із знищенням або пошкодженням основних виробничих та невиробничих фондів, товарно-матеріальних цінностей, особистого майна населення, витратами на ліквідацію пожежі та наслідків, на компенсації постраждалим тощо.

Приміщення ливарної лабораторії за вибухопожежною та пожежною небезпекою відповідно до ДСТУ Б В.1.1-36-2016 відноситься до категорії «Г» – приміщення, в яких знаходяться негорючі речовини та матеріали в гарячому, розжареному та розплавленому стані, процес оброблення яких супроводжується виокремленням променистого тепла, іскор, полум'я.

Можливі причини пожежі:

- порушення ізоляції електромережі або кабелів;
- несправність індукційних електропечей;
- замикання в шафі генераторної кімнати плавильного комплексу;
- проривання металу через тигель та порушення системи охолодження.

Для забезпечення пожежної безпеки ливарної лабораторії і безпечної роботи лабораторія обладнана відповідним пожежним устаткуванням: системою протидимного захисту, пожежною сигналізацією, засобами повідомлення про пожежу, ручним інструментом та інвентарем.

На ділянці обладнання електроустаткування (індукційні тигельні електропечі ІЧТ-0,06, шафи керування, формувальне та інше електроустаткування),

для погашення можливої пожежі необхідно використовувати засоби пожежогасіння, в яких використовуються гази (вуглекислота, азот, гелій тощо), або порошкові склади (ПС, ПФ, МГС тощо).

Для забезпечення безпечної евакуації людей під час виникнення пожежі передбачено евакуаційні виходи. Видалення диму у випадку пожежі здійснюється через віконні і ліхтарні прорізи, а також через димові люки. Для погашення великих вогнищ передбачені ручні вогнегасники: вуглекислотні (ОУ-2 і ОУ-8) і холодкові (ОАХ-0,5).

Лабораторія обладнана пожежним інвентарем (пожежний щит, ящики з піском, азбестове полотно), пожежним ручним інструментом – ломами, баграми, сокирами тощо.

Висновок: лабораторія за вибухопожежною та пожежною небезпекою відноситься до категорії Г, клас II. Для забезпечення пожежної безпеки ливарної лабораторії її оснащують відповідним обладнанням: вогнегасниками, комбінованим оповісником, пожежним інвентарем тощо.

4.12 Безпека в надзвичайній ситуації

Надзвичайна ситуація – це порушення умов життєдіяльності людей викликані виробничими аваріями, катастрофами, стихійними лихами, епідеміями які привели або можуть привести до людських жертв і великих матеріальних збитків.

Залежно від характеру причин виникнення надзвичайної ситуації розділяють на такі:

- техногенного характеру;
- екологічного характеру;
- природного характеру;
- соціального характеру.

Принципи забезпечення безпеки в умовах НС за ознаками їх реалізації умовно ділять на три групи. Перша – це завчасна підготовка і накопичення засобів захисту (колективних та індивідуальних) від небезпечних і шкідливих чин-

ників, забезпечення їхньої готовності для використання населенням, а також підготовка до проведення заходів щодо евакуації населення з небезпечних зон (зон ризику). Друга – диференційований підхід у забезпеченні повного обсягу захисних заходів залежно від виду джерел небезпечних і шкідливих чинників, а також від місцевих умов. Третя – комплексне ефективне застосування засобів і способів, які забезпечують надійний захист від наслідків НС, узгоджене здійснення усіх заходів, що гарантують безпеку життєдіяльності в сучасному техносотіальному середовищі.

Ситуація в лабораторії при виникненні пожежі належить до об'єктивного рівня, тому що в лабораторії немає великої кількості горючого матеріалу. Згідно Класифікатора надзвичайних ситуацій в Україні надзвичайною ситуацією об'єктового рівня вважається така ситуація, що розгортається на території об'єкта або на самому об'єкті і наслідки якої не виходять за межі об'єкта або його санітарно-захисної зони. Для спрощення машинної обробки інформації класифікатор визначає оригінальний код кожної надзвичайної ситуації, що складається з 5-ти цифр, які вказують на клас, групу і вид надзвичайної ситуації (О – об'єктовий, М – місцевий, Р – регіональний, Д – державний).

Відповідно до ДБН В.1.1-7-2002 будівля відноситься до I ступеня вогнестійкості (будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів).

Основний засіб захисту населення в надзвичайних ситуаціях – це евакуація населення, його укриття в захисних спорудах, використання засобів індивідуального захисту і медичної профілактики, що зазначені у попередньому розділі. Захисні споруди – це інженерні об'єкти, спеціально призначені для захисту населення від фізичних, хімічних, біологічно небезпечних і шкідливих чинників.

Розглянемо таку надзвичайну ситуацію як пожежа (картка 10205 Класифікатора надзвичайних ситуацій – Пожежі (вибухи) в будівлях та спорудах громадського призначення).

Виникнення пожеж в лабораторії можливе з таких причин:

- порушення правил протипожежної безпеки;
- несправність електроустаткування;

- необережне поводження з вогнем та розплавленим металом;
- ремонт устаткування на ходу;
- конструктивні недоліки устаткування;
- неправильне користування устаткуванням.

У випадку виникнення надзвичайної ситуації, а саме закорочення кабельної електропроводки, що знаходиться під напругою та іскрить необхідно:

- відключити подачу струму до лабораторії;
- сповістити про пожежу за допомогою пожежної сигналізації;
- спробувати знешкодити подальше розповсюдження полум'я;
- гасити полум'я необхідно вогнегасниками типу ВВ-2, ВВ-8, а також піском;
- необхідно швидко евакуюватися в безпечні приміщення або на двір.

План евакуації з лабораторії, показано на рис. 4.2.

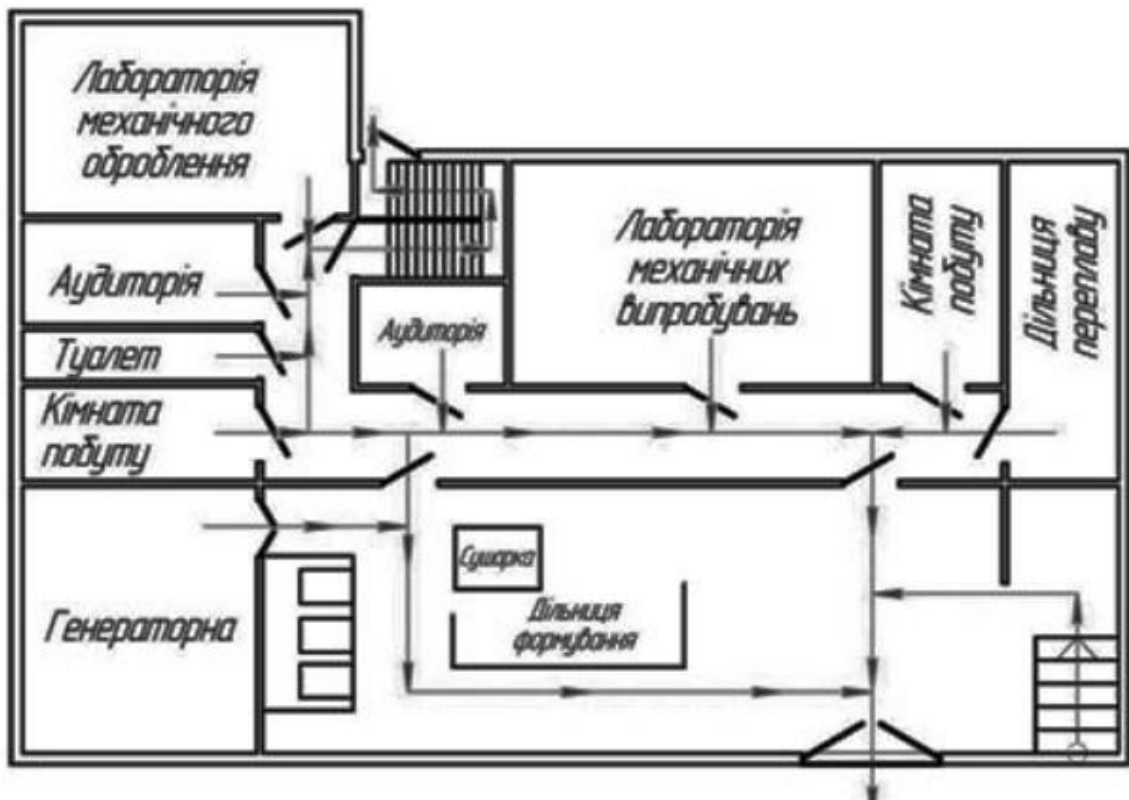


Рисунок 4.2 – План евакуації працівників із лабораторії

4.13 Висновки до розділу 4

1. Встановлено що організація робочих місць, освітлення, мікроклімат приміщення, рівень шуму та вібрації, електромагнітні та інфрачервоні випромінювання відповідають санітарним нормам і не перевищують допустимих норм.
2. Джерел випромінювання, таких як: лазерне, іонізуюче - немає.
3. Електробезпека забезпечує захист людей від впливу електричного струму.
4. Пожежна безпека містить комплекс заходів щодо попередження виникнення пожежі і міри боротьби з виникаючими пожежами.
5. Виявлено шкідливі і небезпечні виробничі фактори під час виконання робіт.
6. Проведено перевірочні розрахунки природного та штучного освітлення, розраховано значення інтенсивності теплового опромінення та шуму.
7. Проведено аналіз надзвичайних ситуацій, які можуть виникнути у ливарному цеху.

5.1 Науково-технічна актуальність теми досліджень

У металургії, гірничо-добувній промисловості, теплоенергетиці, будівництві експлуатуються велика кількість машин і механізмів для добування, подрібнення, розмелювання, змішування, транспортування сировини та напівфабрикатів. Однією з основних причин виходу з ладу такого устаткування є абразивне зношування деталей робочих механізмів, наприклад: щік та молотків дробарок, ножів (лез) грейферів, мелючих тіл, бронефутерувальних плит, млинів, шківів, блоків транспортних систем тощо.

З точки зору умов експлуатації такі деталі можна віднести до композиційних із диференційованими властивостями їх локальних частин тому, що при їх експлуатації інтенсивному зношуванню піддається не вся деталь машини, а тільки її частина, яка безпосередньо контактує з абразивом. До хімічного складу, мікроструктури та властивостей матеріалу цієї частини висувають вимоги, направлені на забезпечення заданої твердості та зносостійкості. До матеріалу частини, яка не контактує з абразивом, можуть висуватись інші вимоги, наприклад, забезпечення в'язкості та пластичності.

В напрямку дослідження чавунних виробів які заливаються через один стояк з розділовою перегородкою, досить мало проведено досліджень, що до взаємодії перегородки і розплаву, тому ця тема є актуальною, і економічно вигідною для подальшого її досліджування.

5.2.1 Витрати на оплату праці

Таблиця 5.1 – Трудомісткість робіт по темі

Найменування робіт по темі дослідження	Трудомісткість за виконавцями, людино-днів					
	Провідний науковий співробітник	Старший науковий співробітник	Молодший науковий співробітник	Інженер-дослідник	Технік	Лаборант
1. Уточнення та конкретизація завдань по темі дослідження	1	1	—	-	-	—
2. Аналіз науково-технічних публікацій з теми	2	4	5	-	-	—
3. Компонування звіту	2	1	-	-	-	-
4. План експерименту	1	1	1	-	1	-
5. Підготовка до експерименту	2	1	3	3	-	3
6.Проведення експериментальної частини	-	-	3	3	1	3
7. Виготовлення зразків	-	-	-	-	-	3
8.Аналізування зразків	2	2	-	-	-	-
9.Висновки по результатах	5	4	1	-	-	-
Разом за виконавцями теми	15	14	13	6	2	9

Таблиця 5.2 – Розрахунок витрат на оплату праці

Посада виконавців теми	Планова трудомісткість, люд-днів	Заробітна плата, грн		
		Посадовий місячний оклад	Середньоденна зарплата	Усього за виконавцями
1.Провідний науковий співробітник	15	13984	500	7500
2.Старший науковий співробітник	14	11526	412	5768
3.Молодший науковий співробітник	13	9912	354	4602
4. Інженер-дослідник	6	6300	225	1350
5.Технік	2	4776	170	340
6. Лаборант	9	4277	153	1377
Разом оплата праці з теми				20937

5.2.2. Єдиний соціальний внесок

Єдиний соціальний внесок (ЄСВ) – це обов’язкове відрахування на загальнодержавне соціальне страхування. З 1 січня 2016 р. ставка ЄСВ складає 22 %. Базою для нарахування ЄСВ слугують загальні витрати на оплату праці по темі (підсумок по табл.1.2).

$$\text{€CB} = \text{ЗП} \cdot 0,22$$

де ЗП – загальні витрати на оплату праці по темі.

$$\text{€CB} = 20937 \cdot 0,22 = 4606.14 \text{ грн.}$$

5.2.3 Матеріали, необхідні для проведення досліджень

Для проведення експериментальної частини потрібні металеві пластини різних сплавів, різної товщини металу.

Витрати на закупівлю матеріалів для проведення необхідних досліджень було покрито замовником, що неспричинення збільшення загальної суми витрат на проведення досліджень.

5.2.4. Енергоносії для проведення досліджень

Витрати на енергію з сторони досліджень було використано для виготовлення шліфів, плавка для реалізації експериментальної частини була виконано під час лабораторної роботи студентів, тому енергоносії автоматично включаються в плановий кошторис по темі непрямо через статтю «Накладні витрати»

5.2.5. Інші прямі неврахована витрати

При проведенні роботи інші прямі витрати приймаємо на рівні 10 % від суми врахованих витрати на виконання НДР.

$$I_{\text{в}} = (\text{ЗП} + \text{€CB} + V_{\text{м}}) \cdot 0,1 ,$$

Наразі $I_{\text{в}}$ буде становити:

$$I_{\text{в}} = (20937 + 4606,14 + 0) \cdot 0,1 = 2554,31 \text{ грн}$$

5.2.6 Накладні витрати

Розглянемо варіант розрахунку накладних витрат пропорційне сумі прямих витрат на рівні 20 %.

$$H_B = (3П + \text{ЄСВ} + B_M + I_B) \cdot 0,2 ,$$

Наразі H_B буде становити:

$$H_B = (20937 + 4606,14 + 0 + 2554,31) \cdot 0,2 = 5619,49 \text{ грн.}$$

5.2.7 Розроблення планової калькуляції кошторисної вартості теми

Планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі складається на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних (табл.5.3).

Таблиця 5.3 – Планова калькуляція кошторисної вартості НДР

Найменування статей витрат	Сума, грн	Обґрунтування
1	2	3
1.Витрати на оплату праці	20937	Відповідно до розрахунків
2.Єдиний соціальний внесок	4606,14	22,0 % від загальних витрат на оплату праці
3.Матеріали для проведення досліджень	-	Відповідно до розрахунків
4.Енергоносії для проведення досліджень	—	Відповідно до розрахунків (у нашому випадку включаються у статтю накладні витрати)
5.Спецобладнання для наукових цілей	—	Відповідно до розрахунків (у нашому випадку включаються у статтю накладні витрати)
6.Вартість послуг сторонніх організацій	—	За договором із сторонніми організаціями (у нашому випадку включаються у статтю накладні витрати)
7.Витрати на службові відрядження	—	Відповідно до розрахунків (у нашому випадку не передбачено)
8.Інші невраховані прямі витрати по темі	2554,31	10 % від суми прямих розрахованих витрат по темі
9.Накладні витрати	5619,49	Відповідно до нормативів організації-виконавця теми (у нашому випадку 20 % від суми прямих витрат)
10.Усього витрат по темі	33716,94	Сума попередніх статей

5.2.8 Науково-технічна ефективність НДР

Загальна бальна оцінка (Б) вираховується перемноженням коефіцієнтів.

$$Б = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4$$

В нашому випадку бальна оцінка ефективності згідно табл. 5.5 становить:

$$Б = 5 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 3 = 225$$

Таблиця 5.4 – Бальна оцінка ефективності НДР

Показник оцінки ефективності НДР	Умовне позначення показника	Характеристики даної роботи	Кількість балів
1. Важливість розробки	K_1	Робота являє собою частину відомчої програми	5
2. Можливість використання результатів розробки	K_2	Результатами розробки можуть користуватися у різних галузях – 10 балів.	3
3. Теоретична значимість та рівень новизни розробки	K_3	Внаслідок виконання роботи отримана нова інформація, яка частково змінює уявлення про природу досліджуваних процесів – 5 балів	5
4. Складність дослідження	K_4	Роботу виконує один підрозділ, витрати від 10 000 до 50 000 гривень – 3 бали	3

Умовний ефект НДР розраховується за формулою:

$$E_{\text{НДР}}^y = 500 \cdot Б - E_n \cdot V_{\text{НДР}},$$

де 500 – умовна вартість одного балу;

E_n – нормативний коефіцієнт економічної ефективності (може бути в межах 0,1 – 0,3);

$V_{\text{НДР}}$ – сумарні витрати на виконання НДР (підсумок табл. 5.3);

У нашому прикладі умовний ефект виконання НДР буде становити:

$$E_{\text{НДР}} = 500 \cdot 225 - 0,2 \cdot 33716,94 = 105756,62 \text{ грн.}$$

Економічна ефективність НДР визначається коефіцієнтом умовної економічної ефективності E_e . Він є відношенням умовного ефекту виконання НДР до сумарних витрат на виконання НДР та розраховується за формулою:

$$E_e = \frac{E_{\text{НДР}}}{B_{\text{НДР}}}.$$

У нашому прикладі E_e буде становити:

$$E_e = \frac{105756,62}{33716,94} = 3,13$$

Коефіцієнт умовної економічної ефективності науково-дослідної роботи становить 3,13 (перевищує одиницю), що свідчить про доцільність її виконання.

6 БІЗНЕС-ПРОЕКТ

6.1 Команда

НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», кафедра ливарного виробництва чорних та кольорових металів у м. Київ.

Лідер команди:

Фесенко М.А. (к.т.н., доцент)

Генератор ідей:

Фесенко М.А. (к.т.н., доцент)

Маркетолог:

Восколович Валерій (студент)

Виконавець:

Кивгило Б.В. (студент)

6.2 Назва проекту

«Розроблення технологічного процесу виготовлення двошарових виливків із модифікуванням у ливарній формі чавунів»

6.3 Короткий опис проекту

З точки зору умов експлуатації деталі можна віднести до композиційних із диференційованими властивостями їх локальних частин тому, що при їх експлуатації інтенсивному зношуванню піддається не вся деталь машини, а тільки її частина, яка безпосередньо контактує з абразивом. До хімічного складу, мікроструктури та властивостей матеріалу цієї частини висувають вимоги, направлені на забезпечення заданої твердості та зносостійкості. До матеріалу частини, яка не контактує з абразивом, можуть висуватись інші вимоги, наприклад, забезпечення в'язкості та пластичності.

За видом проект відноситься до проектів «новий продукт на існуючий ринок».

6.4 Бізнес-модель

6.4.1 Цінний продукт

Спосіб виготовлення двошарових виливків, для підвищення характеристик деталей.

6.4.2 Сегмент споживачів

Споживачами запропонованого продукту можуть бути наступні промислові підприємства:

- ТОВ «ДЛІМЗ»;
- ТОВ «МанКор»;
- Компанія «**МІНЕТЕХ**»
- ПП «Промгазкомплект».

6.4.3 Канали збуту

Використовуються прямі канали впровадження технології. Безпосередній контакт з потенційними покупцями технології відбувається через візити на підприємства та презентації технології, що дають змогу більш детально ознайомитися з товаром. Також можливий контакт через тематичні та галузеві виставки та конференції. Збут товару здійснюється за допомогою інтернет-ресурсів (інтернет-магазин) продаж опису технології.

6.4.4 Взаємодія з споживачами

Із споживачами взаємодія може відбуватися через особисті контакти, по телефону, електронній пошті; можливе застосування програм лояльності.

Із потенційними споживачами – через інформаційні інтернет-ресурси: сайт проекту, блог новин проекту, виставки, конференції.

6.4.5 Дохід (монетизація)

Отримання доходу з продажу технології, а також впровадження її на виробництві.

6.4.6 Ключові види діяльності

1) Наукова діяльність – це інтелектуальна творча діяльність, спрямована на одержання та використання нових знань. Основними її формами є фундаментальні та прикладні наукові дослідження.

2) Виробництво продукції – певний технологічний процес отримання виробів певної конфігурації та із заданими технологічними та механічними властивостями.

3) Маркетингова діяльність – являє собою творчу управлінську діяльність, завдання якої полягає в розвитку ринку товарів, послуг і робочої сили шляхом оцінки потреб споживачів, а також у проведенні практичних заходів для задоволення цих потреб.

6.4.7 Ключові ресурси

Ключові ресурси можна поділити на:

- матеріальні: приміщення лабораторій, вихідні матеріали, фінансове забезпечення;
- інтелектуальні: технологія виготовлення продукції, охоронні документи (патенти), науково-технічні працівники.

6.4.8 Ключові партнери

Ключовими партнерами є:

- підприємство, яке випробовує нову технологію ;
- компанії з надання логістичних і маркетингових послуг;
- постачальники сировини та енергоресурсів для виробництва.

6.4.9 Витрати

Витрати на оренду лабораторних приміщень. Витрати на ресурсозабезпечення, маркетинг, підтримку інтернет-ресурсів.

6.5 Споживчі властивості продукту

Технологія дозволяє зменшити затрати на виробництво виготовлення деталей, які матимуть вищі характеристики, а також зменшити час на виготовлення складних двошарових виливків.

6.6 Дослідження ринку

За результатами аналізу існуючого ринку продукції аналогічного призначення можна зробити висновок, що виготовлення деталей, які використовуються на сьогодні для виробництва виробів аналогічного призначення можуть програвати за грошовим еквівалентом, швидкістю процесу, складністю виготовлення тобто мати меншу продуктивність, та більші витрати.

6.7 Дослідження конкурентного оточення

Ймовірні конкуренти «Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України»

6.8 Маркетингова стратегія просування

Маркетингова стратегія просування проекту сларадатиметься з:

- проведення презентацій для потенційних покупців;
- просування проекту в мережі Internet;
- участі у галузевих виставках та конференціях;
- зустрічей безпосередньо на підприємствах, які використовують технології похожего напрямлення та проведення демонстрацій та «особистих здобутків»;
- поступовим опануванням ринку України та виходом на міжнародний ринок.

6.9 Елементи фінансового плану

6.9.1 Опис бізнес-проекту

Мета проекту – отримання прибутку шляхом продажу технології отримання двошарових виливків, виготовлення продукції за розробленою технологією.

Актуальність проекту – створення конкуренто спроможної технології виготовлення деталей, яка дасть змогу зменшити затрати на виготовлення її в галузях виробництва.

6.9.2 Опис товару/послуги/технології

Запропоновану технології отримання двошарових виливків можна використовувати для виготовлення, щік та молотків дробарок, ножів (лез) грейферів, мелючих тіл, бронефутерувальних плит, млинів, шківів, блоків транспортних систем.

6.9.3 Маркетинг та продаж

Цільовий сегмент – технології отримання двошарових виливків. Підприємства виробництва всіх напрямків.

Маркетингова стратегія просування проекту на початкових етапах включає в себе:

- просування проекту в мережі Internet;
- участь у галузевих виставках та конференціях;
- проведення презентацій для потенційних покупців.

Для продажу застосовуються прямі канали збуту:

- безпосередній контакт з потенційними покупцями;
- збут через інтернет-ресурси.

6.9.4 Фінансовий план

На поточному етапі існування проекту фінансовий план у необхідному обсязі не прораховувався.

Однак, розраховано, що заплановані інвестиції для впровадження у виробництво та виробництва готових виробів в межах одного підприємства-виробника становлять:

- оренда промислової потужності: 5 000 \$
- відпрацювання технології в умовах виробництва: 2 500 \$
- ресурсозабезпечення: 500 \$
- затрати на логістику, маркетинг, з/п: 5 000 \$

Поточна ситуація по проекту:

- проект на стадії відпрацювання та удосконалення технології в лабораторних умовах;
- наявності є дослідні зразки;
- певні залежності.

6.9.5 Резюме

Проект призначений для виготовлення виробу у простий спосіб з найменшими затратам.

Заплановані інвестиції для впровадження у виробництво на одному підприємстві становлять 13 000

<p>Основні партнери ? Вставити</p> <p>—підприємство, яке випробовує нову технологію; —компанія з логістичними та маркетинговими послугами; —постачачі сировини та енергоресурси для виробництва.</p>	<p>Основні заходи ? Вставити</p> <p>Наукова діяльність Виробництво бізнесу Маркетингова діяльність</p>	<p>Цінова пропозиція ? Вставити</p> <p>Здешевлення продукції при виробництві двошарових виліків</p>	<p>Відносини з клієнтами ? Вставити</p> <p>Із споживачами користувачі можуть приєднуватися через особисті контакти, по телефону, електронною поштою; можливо використання програми лояльності.</p>	<p>Клієнтські сегменти ? Вставити</p> <p>- Виробнича компанія «Українські Хімічні Технології ЛТД»; - ТОВ «ДЛМЗ»; - ТОВ «МанКор»; - Компанія «MINETEX» - ПП «Промгазкомплект».</p>
<p>Структура витрат ? Вставити</p> <p>- потужність промислової потужності: 5 000 \$ - використання технології в виробництві: 2 500 \$ - ресурсозабезпечення: 500 \$ - затримка на логістику, маркетинг, з / п: 5 000 \$</p>	<p>Основні ресурси ? Вставити</p> <p>- матеріальні -інтелектуальні</p>	<p>Канали ? Вставити</p> <p>Використовують прямі канали, які застосовують технології. Безконтактний контакт із потенційними покупцями, які здійснюються через візит на підприємства та презентації технологій.</p>	<p>Потокові потоки ? Вставити</p> <p>Доступно продавати технології, які виготовляють дворові вироби, виготовлені для розробленої технології</p>	

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Пат. 54962А України, МПК7 В22D13/02. Відцентрова ливарна машина з горизонтальною віссю обертання роликового типу / Г. Д. Костенко, В. В. Морозовський, В. М. Зац, В. М. Поляк, О. Л. Сюткін, П. М. Каричковський. – Опубл. 2003, Бюл. № 3. 2. Пат. 476 України, МПК6 В22D13/02.
2. Відцентрова ливарна машина з горизонтальною віссю обертання / П. М. Каричковський, Г. Д. Костенко, В. В. Морозовський, І. Й. Галабурда, В. М. Зац. – Опубл. 1999, Бюл. № 8. 3. Шинский И. О., Пеликан О. А., Ширяев В. В., Каричковский П. Н., Романенко Ю. Н. // Литейн. пр-во. – 2008. – № 9. – С. 24–27.
3. Справочник по чугуному литью / Под ред. Н.Г.Гиршовича. Машиностроение, 1978. 758 с.
4. Дисертаційна робота Фесенко Максим Анатолійович «Диференціація властивостей частин вилівка модифікуванням чавуну в ливарній формі» 2007 р.
5. Магістерська робота Денисенко Денис Володимирович «Регулювання властивостей чавунів внутрішньоформеним модифікуванням» 2005р.
6. Снежко А.А., Позняк Л.А., Шумихин В.С., Костенко ГД, Вергун Л.А. Литьё биметаллических изделий. - Киев: ИПЛ АН УССР, 1976.
7. Лекадемонский А.В. Биметаллические отливки. - М.: Машиностроение, 1964. Власьевнина Л.К., Толонт Н.И. сб. Новые технологические процессы литейного производства. Ч, М.: 1967, с. 146-150.
8. Пивоварский Е. Высококачественный чугун. Т.1,2 Пер. с нем.- М.: Металлургия, 1965. 1184 с.
9. Morrogh H., Wiliams W.G. Graphite Formation in Cast Irons and in Nickel- Carbon and Cobalt-Carbon Alloys //Iron and Steel.- 1947.- 20, № 6.- P. 241-252.
10. Gagnebin A.P., Millis K.D., Pilling N.B.// Iron Age. -1949.-163, № 7. -P.77-84
11. Ващенко К.И., Софрони Л. Магнийевый чугун. -М.-К.: Машгиз, 1960. 488 С.
12. Горшков А.А., Волощенко М.В., Дубров В.В., Крамаренко О.Ю. Справочник по изготовлению отливок из высокопрочного чугуна. - М.-К.: Машгиз, 1961.-300 с.

13. Patterson W., Amman D. Zur Theorie der Kugelgraphitkristallisation. // Gies. Techn. – wiss. Beih. 1961, No2, s. 65-70.
14. Иванов В.Н. Словарь справочник М.:Машиностроение, 1990.-384 с.
15. Гиршович Н.Г. Кристаллизация и свойства чугуна в отливках. -М.-Л.: Машиностроение, 1966. -564 с.
16. Справочник по чугунному литью / Под ред. Н.Г.Гиршовича. Машиностроение, 1978. 758 с.
17. Шумихин В.С. Кутузов В.П., Храмченков П.И. и др. Высококачественные чугуны для отливок. - М.: Машиностроение, 1982. 222 с.
18. Отливки из чугуна с шаровидным и вермикулярным графитом / Захарченко Э.В, Левченко Ю.Н., Горенко В.Г, Вареник П.А. К.: Наук. Думка, 1986.- 248 с. по литейному производству. - Л.: Плавка и выпечная обработка чугуна
19. Пат. 131109з Великобритании, кл.С21с 1/10. С.М.Dunks, J.L.McCaulay.- от 13.03.69 и соотв. патенты 78632 ГДР, 2013133 Франции, 3746078 США. 1.
20. Production of Nodulargraphite iron castings by the Inmold Process /
21. J.L.McCoulay /Foundry Trade Journal.- 1971, NA-P.327-332,335.
22. Mold nodulizing and continuous stream treatment techniques as operated in Europe /C.M.Dunks, C.Hobman, G.Mannion Trans.Amer.Foundrymen's 88 De Vol.82 Des Plaines.- 1974.-111.-P.391-406.
23. Experiences with the production of mechanite nodular iron castings with the Rrocess /G.Mannion, C.M.Dunks I/Foundry Trade Journal.- 1974 137,№ 3008.-P. 139-147.
24. Сыропоршнев Л.Н., Жук В.Я., Косячков В.А. Позднее модифицирование чугуна при отливке тонкостенных деталей. Вестник евского политехнического института. Серия машиностроение. 1975, № 12, с. 124-128.
25. Кузьмин П.В. та инш. Модифицирование мелких изложниц в форме Ловышение стойкости изложниц.-М.: Мсталлургия, 1975, № 3.-С 39-46. 27.
26. Модифицирование чугуна в форме /Л.В.Переудон та инш. /Литейное производство. 1975, № 1.-32с.
27. Получение высокопрочного чугуна модифицированием в форме /С.Ямагути I. Тютандзо, Cast.and Forg.-1975.-28,№ 5.- PP.13-16.

28. Treatment of nodular-graphite iron by the Inmold process /O.Smalley /Foundry Trade Journal - 1975 - 139, № 3068. - P. 419.
29. Применение Inmold процесса в автомобильной промышленности Giesserei-Praxis - 1975, № 7. с. 291.
30. Модифицирование чугуна ферросилицием в форме Кривошеев Л.С. / Литейное производство. - 1976, № 6. С.20-21.
31. Позднее модифицирование магниевого чугуна при отливке тонкостенных деталей / Л.Н.Сыропоршнев, В.Я. Жук, В.А.Косячков / Вестник Киевского политехнического института. Серия машиностроение. 1975, № 12, с. 124- 128.
32. Чугуна высокопрочного модифицированием в форме / В.А.Косячков, К.И.Ващенко // Литейное производство. -1975, № 12, с. 11-12.
33. Локальное модифицирование чугуна магнием в форме / И.В.Кузьмин, В.П.Бондарев, А.А.Крутько // Литейное производство. - 1977, № 3, с. 11.
34. Особенности технологии Н.Сыропоршнев, Л.А.Присмицкий / Литейное производство. - 1977, № 7. с. 11-13.
- 35.Способ модифицирования чугуна / чугуна / В.А.Косячков // Литейное производство. - 1977, № 8, с. 38. 38,
- 36.Центробежное литье маслостойких для поршневых колец из высокопрочного в форме / Н.И.Клочнев, В.И.Ельков, А.С.Кузнецов, А.П.Захаров // Литейное производство. - 1978, № 3, с. 12.
- 37.Модифицирование чугуна А.Е.Спешинский // Литейное производство. -1978, № 6, с. 40-41.
38. Модифицирование чугуна в форме / Р.И.Бучин / Литейное производство. - 1978, № 6, с. 38.
39. Получение высокопрочного чугуна модифицированием в форме / В.С.Шитиков, В.Г.Грушко, В.И.Кошелев, Н.А.Гедеревич / Литейное производство. - 1978, № 11, с. 5-6.
40. Некоторые результаты необычных методов производства чугуна с шаровидным графитом в К.И.Ващенко, В.А.Косячков, Л.Н.Сыропоршнев / Slevarenství (чешск)- 1978, № 12, с. 489-492.

41. Распределение серы в чугунах отливках при модифицировании в форме / В.С.Шитиков, В.Г.Грушко, В.И.Копелсв, Н.А.Гедеревич / Литейное производство. -1979, № 2, с. 8.
42. Локальное легирование отливок в процессе заливки / В.Н.Московченко, В.Г.Глущенко / Литейное производство. - 1979, № 4, с. 31-32.
43. Модифицирование чугуна в форме / Э.Х.Тухин // Литейное производство. - 1979, № 7, с. 16-18.
44. Влияние способа модифицирования на структуру и свойства чугуна с шаровидным графитом / А.Ветишка, В.А.Косячков, К.И.Ващенко, Л.Н.Сыропоршнев, Я.Зезула // 1979, № 7, с. 271-273.
45. Расчет реакционных камер при двукратном модифицировании чугуна в форме / В.Г.Грушко, В.С.Шитиков, В.И. Кошелев, Н.А.Гедеревич, Л.К. Чеботарь // Литейное производство. - 1979, № 12, с. 14-15.
46. Модифицирование высокопрочного чугуна / А.Г.Алексеев, И.М.Шарапов // Литейное производство. - 1980, № 12, с. 9.
47. Предупреждение крошечного отбела отливок модифицированием чугуна / Я.И.Гельбштейн, А.М.Руденко // Литейное производство. 1980, № 8 с. 26.
48. Модифицирование чугуна гранулированным магнием в литейной форме / О.А.Могилевцев, Н.И.Ужва, Г.П.Сахаров, А.П.Еременко / Литейное производство. -1981, № 1, с. 32.
49. Отливки для автомобилей из ВЧ, модифицированного в форме / Б.И.Ушерович, В.Л.Луценков, С.Г.Терехов, А.Д. Шерман, К.П.Ильяшенко / Литейное производство. -1981, № 1, с.31.
50. Влияние марганца на структуру и свойства магниевого чугуна, модифицированного в форме / В.Г.Грушко, В.И.Кошелев, Г.Ю.Шульте, А.Ф.Замай, Н.А.Гедеревич // Литейное производство. -1981, № 8, с. 33.
51. Оптимизация технологии изготовления отливок из высокопрочного чугуна модифицированием в форме / Ю.И.Сенкевич, Е.Б.Шицман, В.Т.Фоменко, Д.А. Эйдинзон // Литейное производство. -1981, № 9, с.8-9.
52. Улучшение качества отливок из чугуна с шаровидным графитом, модифицированного / В.А.Косячков, Л.Н.Сыропоршнев // Slevarenství (чешск.) 1981, № 12, с. 511-513.

53. Улучшение качества отливок из чугуна с шаровидным графитом, модифицированного в реакционной камере формы // Slevarenství (чешск.) 1981, № 12, с. 511-513.
54. Выбор модификатора для получения отливок из ВЧ модифицированием в форме / Н.А.Гедеревич, В.Г. Грушко, В.И.Кошелев, Г.В.Ткаченко ! Литейное производство. -1982, № 2, с. 18-19.
55. Модифицирование чугуна в форме / Э.Х.Тухин, А.И.Изыюров // Литейное производство. -1982, № 2, с. 16-18.
56. Литые поршневых колец дизелей из чугуна с шаровидным графитом модифицированием в форме / Е.С.Пестов, Е.В.Ковалевич // Литейное производство. - 1982, № 9, с. 12-13.
57. Влияние метода модифицирования на свойства высокопрочного чугуна В.А.Косячков, К.И.Ващенко, Л.Н.Сыропоршнев / Литейное производство, 1982, № 9, с. 6-7.
- 58.Получение ВЧ модифицированием В.Н.Кропивный, Л.А.Солнцев, В.И.Кошелев // Литейное производство. - 1983, № 4,с. 37.
59. Выбор оптимальных параметров процесса модифицирования чугуна в форме Б.М.Лепинских, Ю.Н. Мишаков, Б.И.Баймухамедов // Литейное производство. -1983, № 6, с. 7-8.
60. Реакционная Н.В. Чернышова, Г.И.Ежов, Г.Г.Бойко, В.Д.Харченко " производство. - 1983, № 10, с.
61. Получение высокопрочного чугуна обработкой ферросилицием в ковше с последующим модифицированием в форме / В.А.Чайкин, А.О.Горст, А.М.Руденко, Е.Б. Андрейченко // Литейное производство. -1984, №1.
62. Изготовление отливок из высокопрочного чугуна модифицированием в форме / Л.А.Кремнев-Хазанов, В.И.Кошелев, А.И.Карпичев, ГВ Ткаченко и Литейное производство.- 1985, № 2, с. 6-8.
63. Внутрифирменное модифицирование при получении автомобильных отливок из чугуна с шаровидным графитом / В.И.Литовка, В.В.Венгер, Н.Г.Руденко, СП.Дмитриев, Ю.П.Щитков/Литейное производство. 1986, № 2,с. 9-12.

64. Внутрифирменное модифицирование крупных машиностроительных отливок / С.Н.Леках, Д.Н.Худокормов, И.В.Хорошко, Н.И.Бестужев ! Литейное производство.-1986, No 9, с. 6-7.
 - 65.Внутриформенное модифицирование чугуна магнием / В.Н.Кропивный, тодик- 91 Л.А.Солнцев, А.М.Зайденберг // Литейное производство.- 1987, № 6. с. 24- 25.
 66. Оптимальные режимы внутрифирменного модифицирования чугуна для прокатных валков / Т.С.Скобло, А.А.Маслов, А.А.Долуда, С.К.Новиков // Литейное производство.-1987, № 6, с. 16-17.
 67. Внутриформенное модифицирование А.Л.Изьюров, В.И.Воронцов, ДП. Михайлов 1 Литейное производство. - 1988, № 6, с. 4-6.
 68. Рафинирование фильтровальной сетки из стекловолокна модифицированного форме ЧШГ / А.Л.Чайкин, В.М.Ткаченко, М.М.Бондарев, Д.Н.Худокормов / Лятейное производство.- 1988, № 4, с. 4-5.
 69. Литниковая система для модифицирования чугуна / Б.В.Цвелентьев, З.А.Черкес, И.В.Корнейчев Литейное производство.- 1988, № 9, с. 21-22.
 70. Растворение модификаторов при модифицирование в форме / С.Н.Масленников, Л.П. Горушкина, В.Л.Евсеев, С.В.Грицай / - 1989, №1, с.7-8.
 71. Совмещенный метод модифицирования и фильтрации чугуна в форме / Е.Б.Краковский, И.А.Дибров, А.В.Козлов, Л.З.Киселев / Литейное производство. - 1989, № 4, с. 3.
 72. Модифицирование чугуна гранулированным вертикальным разъемом Н.И. Ужва, О.А.Могилевцев, Д.Е.Нестеренко // Литейное производство. - 1989, № 8, с. 32-33.
 73. Внутриформенная модифицирующими вставками / С.Н.Леках, Г.Ф.Андреев, А.Н.Рогожников // Литейное производство.-1990, № 1, с. 7.
- Производство высокопрочного чугуна модифицированием в форме с вертикальным разъемом / С.П.Дмитриев, Ю.П.Щитков, И.К.Вазнев, Е.А.Ерышканов // Литейное производство. - 1990, № 4, с. 25.
74. Полувековой юбилей высокопрочного чугуна с шаровидным графитом / В.А.Косячков // Металл и литье Украины. 1995, № 7-8, с. 56-60.

75. Чугун с шаровидным графитом. Появление и развитие / В.А.Косячков / Литейное производство. 1996, о 2, с. 4-5:
76. Производство высокопрочного чугуна для отливок экскаватора / В.А.Косячков, А.А. Чайковский // Литейное Л.Н.Сыропоршнев, производство. 1996, No 2, с. 6.
77. Вплив магнію на якість поверхні та щільність виливків з чавуну / В.О.Косячков, Л.М.Сиропоршнев // Металознавство та обробка металів. 1998, № 1-2, с. 15-19.
78. Вклад К.И. Ващенко и его учеников в теорию и технологию производства отливок из высокопрочного чугуна / В.А.Косячков // Литейное производство. 2001, №4, с. 7-8.
79. Вплив сірки і магнію на графітизацію білого чавуну / В.О.Косячков, К.В.Агеев // Металознавство та обробка металів. 2004, № 3, с. 50-56.
80. Расширение возможностей производства отливок модифицированием чугуна в форме / В.А.Косячков // Литейное производство. 2004, № 9, с. 6-8.
81. Степанов А.И., Рысс М.А. Производство стали М.: Металлургия, 1974.-400 с.
82. Бунин К.П., Малиночка Я.Н., Таран Ю.Н. Основы металлографии чугуна. - М.:Металлургия, 1969. - 416 с.
83. Гуляев А.П. Металловедение. - М.: Металлургия, 1977
84. Лахтин Ю.М., Леонтьева В.П. Материаловедение.-М.: Машиностроение, 1980. – 493 с.